

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 3 月 3 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 0 5 5 5 5 6 号

出 願 人

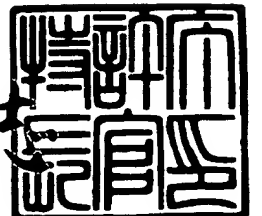
Applicant (s):

株式会社日立製作所

1 9 9 9 年 5 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平 1 1 - 3 0 2 9 1 9 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 HA12109000

【提出日】 平成11年 3月 3日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G05B 19/00

【発明の名称】 分散制御システムおよび情報処理装置

【請求項の数】 9

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 永浦 渉

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 横山 孝典

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都小平市上水本町五丁目 2 0 番 1 号 株式会社日立製作所 半導体事業本部内

 【氏名】 今井 崇明

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 鈴木 昭二

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

 【識別番号】 100087170

 【弁理士】

【氏名又は名称】 富田 和子

【電話番号】 045(316)3711

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012014

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散制御システムおよび情報処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の制御ユニット上のアプリケーションプログラム間のメッセージ通信処理によって、アプリケーションを実行する分散制御システムであって、

前記各制御ユニットは、それぞれ、

前記アプリケーションプログラムと、前記メッセージ通信処理が定義された通信制御処理プログラムとが格納される第 1 情報格納手段と、

当該制御ユニット上におけるプログラムの起動順番を定めたモジュール構成情報が格納される第 2 情報格納手段と、

前記モジュール構成情報に定められた起動順番にしたがって、前記アプリケーションプログラムおよび前記通信制御処理プログラムを起動する起動制御手段と、

前記起動制御手段により起動された通信制御プログラムが、前記アプリケーションプログラム間でメッセージデータを送受信させるためのメッセージオブジェクトが格納される第 3 情報格納手段とを有することを特徴とする分散制御システム。

【請求項 2】

請求項 1 記載の分散制御システムであって、

前記起動制御手段は、前記モジュール構成情報に定められた起動順番にしたがって、前記少なくとも 1 のプログラムを起動するタスクを複数有し、

前記モジュール構成情報には、前記タスクごとに、それぞれ、当該タスクによるプログラムの起動順番が定められていることを特徴とする分散制御システム。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の分散制御システムであって、

前記メッセージオブジェクトには、さらに、優先度情報が含まれ、

前記起動制御手段により起動された通信制御プログラムによるメッセージ送受信は、前記メッセージオブジェクトの優先度情報にしたがって行われることを特徴とする分散制御システム。

【請求項 4】

複数の制御ユニットを有する分散制御システム上で実行されるアプリケーションを構成する全アプリケーションモジュールの起動順番情報と、前記各アプリケーションモジュールの配置先ユニットが指定されたユニット格納情報と、前記各アプリケーションモジュールの入出力データ名情報との入力を受け付ける入力受付手段と、

前記配置先ユニット情報により配置先ユニットとして指定された各制御ユニットについて、それぞれ、当該制御ユニット上に配置される全アプリケーションモジュールの当該制御ユニット上における起動順番を定めたモジュール構成情報、および、当該制御ユニット上に配置される各アプリケーションモジュールにメッセージデータを送受信させるためのメッセージオブジェクトのうちの少なくとも一方を、前記起動順番情報および前記入出力データ名情報に基づき生成する情報生成手段と、

前記情報生成手段が生成した情報を出力する出力手段とを備えることを特徴とする情報処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の情報処理装置であって、

前記入受付手段は、さらに、

前記アプリケーションを構成する各アプリケーションプログラムの実行優先度を表す実行優先度情報の入力を受け付け、

前記情報生成手段により生成される、各制御ユニットのモジュール構成情報には、さらに、当該制御ユニット上に配置される各アプリケーションプログラムの実行優先度を表す実行優先度情報が含まれ、

前記情報生成手段は、

前記各制御ユニット上に配置される各アプリケーションモジュールの実行優先度情報を、前記入受付手段が入力を受け付けた当該アプリケーションモジュールの実行優先度情報に基づき生成することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載の情報処理装置であって、

前記情報生成手段により生成されるメッセージオブジェクトには、さらに、優先度情報が含まれ、

前記情報生成手段は、

前記各メッセージオブジェクトごとに、それぞれ、

当該メッセージオブジェクトからメッセージを読み出す 1 または複数のアプリケーションプログラムがある場合には、当該 1 のアプリケーションの実行優先度または当該複数のアプリケーションモジュールのうちで最も実行優先度が高いアプリケーションモジュールの実行優先度情報に基づき、当該メッセージオブジェクトの優先度情報を生成し、

当該メッセージオブジェクトからメッセージを読み出すアプリケーションプログラムがない場合には、当該メッセージオブジェクトにメッセージを書き込むアプリケーションプログラムの実行優先度に基づき、当該メッセージオブジェクトの優先度情報を生成することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 7】

請求項 4、5 および 6 のうちの何れか 1 項記載の情報処理装置であって、

前記情報生成手段により生成される、前記各制御ユニットのモジュール構成情報には、さらに、当該制御ユニット上に配置された 1 以上のプログラムを当該制御ユニット上において起動する各タスクの起動条件情報が含まれ、

前記情報生成手段は、

前記各制御ユニットごとに、それぞれ、当該制御ユニット上の各タスクにおける最初の起動アプリケーションプログラムが受け取るメッセージデータの出力タイミングを、前記システム構成情報および前記入出力データ名情報に基づき決定し、当該出力タイミングに基づき、前記各タスクの起動条件情報を生成することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 8】

請求項 4、5、6 および 7 のうちの何れか 1 項記載の情報処理装置であって、

前記情報生成手段は、

前記配置先ユニット情報および前記入出力データ名情報に基づき、同一制御ユニット上に配置されるアプリケーションプログラム間で送受信されるメッセージデ

ータを決定し、当該メッセージデータについては、当該メッセージデータを送受信させるためのメッセージオブジェクトを生成しないことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 9】

分散制御システム上の各制御ユニットごとに、それぞれ、当該制御ユニット上に配置される全アプリケーションモジュールの当該制御ユニット上における起動順番を定めたモジュール構成情報、および、当該制御ユニット上に配置される各アプリケーションモジュールにメッセージを送受信させるためのメッセージオブジェクトのうちの少なくとも一方が格納されたことを特徴とする機械読取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術の分野】

本発明は、CAN (Controller Area Network)、Foundation Fieldbus等のフィールドネットワークによって複数の組込みシステムを接続させた分散制御システムに関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

自動車のパワートレイン制御システム、ファクトリーオートメーションやプロセスオートメーションのフィールド機器制御システム、医療機器やロボットの制御システム等には、フィールドネットワークにより複数の組込システムを接続させた分散制御システムが適用されている。

【0 0 0 3】

さて、フィールドネットワークの一つであるLON (Local Operating Network)、自動車制御向け標準通信プロトコル(OSEK-COM)等においては、アプリケーションプログラムモジュール(以下、APモジュールと呼ぶ)が通信処理を呼び出すライブラリ方式が採用されている。なお、これに関連する技術は、例えば、「OSEK/VDX Communication Version2.0a(OSEKグループ編)」等に記載されている。

【0004】

また、多くの産業システムにおいては、共有メモリを介して分離されたAPモジュールと通信処理とが非同期に動作するメモリ転写方式(Reflective Memory方式)が採用されている。なお、これに関連する技術は、例えば、特開平6-332807号公報に開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記従来のライブラリ方式によれば、APモジュールに通信処理等が記述されているため、ネットワークを介した通信処理を含むセンサ入力～アクチュエータ出力までの最悪実行時間の保証、すなわち、End-to-Endのリアルタイム性の保証が困難である。

【0006】

すなわち、APモジュールおよび通信処理の起動タイミングを考慮しつつAPモジュール毎に独立のリアルタイム性が保証されている場合、少なくともリアルタイム性の保証についてはAPモジュールに汎用性がないため、システム構成変更のたびにAPモジュールの全面的な書替えが必要となり、End-to-Endのリアルタイム性の保証が困難となる。また、フィールドネットワークのプロトコルの標準化の進行に伴い、互いに異なるベンダユニットの相互接続の要求が高まるものと予測されるが、これらの異種ユニットの相互接続に際して、各ユニット上のAPモジュールの書替えが不可能である場合、End-to-Endのリアルタイム性は保証されない。

【0007】

一方、上記従来のメモリ転写方式によれば、APモジュールと通信処理とが分離されているため、個々のAPモジュールの最悪実行時間および通信処理の最悪実行時間は保証されるが、APモジュールと通信処理とが非同期に起動されるため、データ伝搬遅延が発生する。したがって、ネットワークを介した通信処理を含むセンサ入力～アクチュエータ出力までの最悪実行時間が保証されない。このような理由から、上記従来のメモリ転写方式は、最悪実行時間に対する要求が厳しい処理には不向きとされている。

【 0 0 0 8 】

また、上記従来のメモリ転写方式によれば、通信処理によって共有メモリ上のデータが周期的に転送・更新されるため、ネットワーク上のトラフィックが発生しやすい。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、ネットワークをまたがった E n d - t o - E n d のリアルタイム性を容易に保証することが可能で、かつ、システム構成の変更に伴うソフトウェア変更量を抑制することができる分散制御システムを提供することを目的とする。また、この分散制御システム上の各制御ユニットの制御構造が定義された情報を自動生成することができる情報処理装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は、

複数の制御ユニット上のアプリケーションプログラム間のメッセージ通信処理によって、アプリケーションを実行する分散制御システムであって、

前記各制御ユニットは、それぞれ、

前記アプリケーションプログラムと、前記メッセージ通信処理が定義された通信制御処理プログラムとが格納される第 1 情報格納手段と、

当該制御ユニット上におけるプログラムの起動順番を定めたモジュール構成情報が格納される第 2 情報格納手段と、

前記モジュール構成情報に定められた起動順番にしたがって、前記アプリケーションプログラムおよび前記通信制御処理プログラムを起動する起動制御手段と、

前記起動制御手段により起動された通信制御プログラムが、前記アプリケーションプログラム間でメッセージを送受信させるためのメッセージオブジェクトが格納される第 3 情報格納手段とを有することを特徴とする分散制御システムを提供する。

【 0 0 1 1 】

本分散制御システムにおいては、起動制御手段が、モジュール構成情報にしたがってアプリケーションプログラムおよび通信制御プログラムを起動するように

しているため、アプリケーションプログラムとメッセージ通信処理プログラムとの完全な分離化が実現されている。したがって、本分散制御システムによれば、システム構成やユニット構成等が変更されても、ソフトウェアに変更を加えることなく、モジュール構成情報の設定内容を変更するだけで、新たなシステム構成下におけるアプリケーションの実行を可能とすることができる。すなわち、システム構成やユニット構成の変更に伴うソフトウェア変更量を最小限に抑制することができるため、アプリケーションを新たなシステム対応にするための労力を削減することができると共に、ソフトウェアの生産性の向上にも有用である。

【0012】

また、本分散制御システムにおいては、各制御ユニット上のモジュール構成情報の設定内容を変更することによって、各制御ユニット上におけるアプリケーションプログラムおよび通信制御プログラムの起動順番を変更させることができるため、簡単に、アプリケーションプログラムと通信制御プログラムとを同期的にあるいは非同期に起動させることができる。従って、ネットワークを介した通信処理を含むセンサ入力～アクチュエータ出力までの最悪処理実行時間を簡単に短縮化することができ、ネットワークを介した end-to-end のリアルタイム性を容易に保証することができる。

【0013】

さらに、上記課題を解決するため、本発明は、

複数の制御ユニットを有する分散制御システム上で実行されるアプリケーションを構成する全アプリケーションモジュールの起動順番情報と、前記各アプリケーションモジュールの配置先ユニットが指定されたユニット格納情報と、前記各アプリケーションモジュールの入出力データ名情報との入力を受け付ける入力受付手段と、

前記配置先ユニット情報により配置先ユニットとして指定された各制御ユニットについて、それぞれ、当該制御ユニット上に配置される全アプリケーションモジュールの当該制御ユニット上における起動順番を定めたモジュール構成情報、および、当該制御ユニット上に配置される各アプリケーションモジュールにメッセージを送受信させるためのメッセージオブジェクトのうちの少なくとも一方を

、前記起動順番情報および前記入出力データ名情報に基づき生成する情報生成手段と、

前記情報生成手段が生成した情報を出力する出力手段とを備えることを特徴とする情報処理装置を提供する。

【0014】

本情報処理装置によれば、アプリケーションを構成する全アプリケーションモジュールの起動順番が定められたシステム構成情報等の入力情報を入力受付手段に入力するだけで、上記分散制御システムの各制御ユニットの制御構造が定義された情報、すなわち、モジュール構成情報およびメッセージオブジェクトのうちの少なくとも何れか一方が入力情報に基づき自動生成される。したがって、上記分散制御システムの `end-to-end` のリアルタイム性の保証の容易化に役立つ。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照しながら、本発明に係る実施の一形態について説明する。

【0016】

まず、図1により、本実施の形態に係る分散制御システムの基本構成について説明する。

【0017】

本分散制御システムは、CPU及びメモリ等を備えた複数の制御ユニット $1a, \dots, 1n$ をネットワーク接続することによって構成されている。そして、各制御ユニットのメモリには、それぞれ、相互のメッセージ通信によって協調動作するアプリケーションプログラムモジュール M_1, M_2, \dots, M_n (以下、APモジュールと呼ぶ)、APモジュール間の通信サービス等を提供する分散制御処理ミドルウェア5、タスク制御等を行うリアルタイムオペレーティングシステム(以下、RTOSと呼ぶ)3、ネットワーク上へのデータ転送等を制御するネットワーク通信処理ドライバ4が格納されている。ここで、各制御ユニットの分散制御処理ミドルウェア5がAPモジュールに対して提供するサービスには、(1)APモジ

ジュールとの間でメッセージオブジェクト $M s g_1, M s g_2, \dots, M s g_n$ の送受信を行う R T 通信サービス、(2) A P 構成情報 7 によって割り当てられた A P モジュールを起動する複数のタスク T_1, T_2, \dots, T_n 、がある。これらのサービスによって、各制御ユニットに分散された A P モジュールが相互のメッセージ通信により協調動作を行うことができるが、これについては後述する。

【 0 0 1 8 】

さて、各制御ユニット $1 a, \dots, 1 n$ 上の A P 構成情報 7 及びメッセージオブジェクトは、いずれも、記憶媒体等を利用して、情報処理装置 2 の出力情報をオフライン転送したものである。情報処理装置 2 は、外部記憶装置に格納されたプログラム、すなわち情報解析ツール 8 をロード及び実行することによって、それらの A P 構成情報 7 及びメッセージオブジェクトを、ユーザからの入力情報であるユーザ定義情報に基づき自動生成する。この情報解析ツール 8 による情報自動生成処理の詳細な説明に先立ち、その処理に関連する情報((1)ユーザ定義情報、(2) A P 構成情報、(3)メッセージオブジェクト)について説明しておく。

【 0 0 1 9 】

(1) ユーザ定義情報

ユーザ定義情報には、3 種類の情報、すなわち、システム構成情報 2 0、ユニット構成情報 2 1、システム入出力情報 2 5 が含まれている。

【 0 0 2 0 】

ユニット構成情報 2 1 には、図 2 (b) に示すように、A P モジュール配置情報テーブル 2 3 が含まれている。この A P モジュール配置情報テーブル 2 3 には、各制御ユニットごとに、それぞれ、その制御ユニットの A P モジュール配置情報が登録されている。そして、各制御ユニットの A P モジュール配置情報には、それぞれ、その制御ユニットに配される A P モジュール名 2 3 a が含まれている。なお、ここで一例として挙げた、制御ユニット U_1 の A P モジュール配置情報には、制御ユニット U_1 に配される 2 つの A P モジュール名「 M_1 」, 「 M_2 」が含まれている。

【 0 0 2 1 】

また、システム入出力情報 2 5 には、図 2 (c) に示すように、システム入出力

情報テーブル 26 が含まれている。このシステム入出力情報テーブル 26 には、システムの入力データ名及び出力データ名が登録されている。なお、ここで一例として挙げたシステム入出力情報テーブル 26 には、入力データ名として「D₁₁」「D₂₁」「D₃₁」が登録され、出力データ名として「D₁₄」「D₂₄」「D₃₄」が登録されている。

【0022】

また、システム構成情報 20 には、図 2(a)に示すように、2 種類の情報テーブル、すなわち、AP モジュール起動情報テーブル 22 及び AP モジュール入出力情報テーブル 24 が含まれている。

【0023】

一方の AP モジュール起動情報テーブル 22 には、タスクごとに、それぞれ、そのタスクの AP モジュール起動情報が登録されている。そして、各タスクの AP モジュール起動情報には、それぞれ、そのタスクによる AP モジュールの起動順番情報 22 a、そのタスクの優先度情報 22 b、そのタスクの起動条件 22 情報 c、そのタスクのウェイト状態を解除させるタイミング等が設定されたイベントセット条件情報 22 d が含まれている。

【0024】

他方の AP モジュール入出力情報テーブル 24 には、各 AP モジュールごとに、それぞれ、その AP モジュールの AP モジュール入出力情報が登録されている。そして、各 AP モジュールの AP モジュール入出力情報には、それぞれ、その AP モジュールの入力データ名 24 a 及び出力データ名 24 b が含まれている。

【0025】

なお、ここで一例として挙げた AP モジュール M₁ の AP モジュール入出力情報には、AP モジュール M₁ の入力データ名「D₁」及び出力データ名「D₂」が含まれている。また、タスク 1 の AP モジュール起動情報には、優先度情報「1」の他、「タスク 1 は、10ms 周期で実行状態に移行するが、実行状態においては、AP モジュール M₁ を起動し、10ms のウェイトを経て、2 つの AP モジュール M₂, M₃ を順番に起動する」ことを表す情報が含まれている。

【0026】

(2) AP構成情報

AP構成情報7には、APモジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルが含まれている。このAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルには、図3(a)に示すように、タスクごとに、それぞれ、タスクのAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報が登録されている。各タスクのAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報には、それぞれ、そのタスクによるAPモジュール及びメッセージオブジェクトの起動順番情報30a、そのタスクの優先度情報30b、そのタスクの起動条件情報30c、そのタスクのウェイト状態を解除するイベント等が設定されたイベントセット条件情報30dが含まれている。

【0027】

なお、ここで一例として挙げた、タスク1のAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報には、優先度情報「1」のほか、「タスク1は、実行可能状態から実行状態に10ms周期で移行するが、実行状態においては、まず、APモジュール M_1 を起動し、10msのウェイトを経て、2つのAPモジュール M_2 、 M_3 を順番に起動した後、メッセージオブジェクト Msg_{11} を起動する」ことを表す情報が含まれている。

【0028】

(3) メッセージオブジェクト

メッセージオブジェクト情報テーブルには、図3(b)に示すように、1以上のメッセージオブジェクト M_i が登録されている。各メッセージオブジェクト M_i には、それぞれ、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータ31a、メッセージオブジェクト名31b、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータに対するAPモジュールのアクセス権が設定された読出し／書込み情報31c、そのメッセージオブジェクトが送信オブジェクトであるか受信オブジェクトであるかを表す送信／受信情報31d、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータ更新時のアクション情報31e、そのメッセージオブジェクトの優先度情報31f、そのメッセージオブジェクトの更新条件情報31g等が含まれている。

【0029】

なお、ここで一例として挙げたメッセージオブジェクト「Msg₁₂₋₁₃」の各データ設定領域31a, 31b, 31c, 31d, 31e, 31f, 31gには、それぞれ、2つのメッセージデータ「D₁₂」「D₁₃」、メッセージオブジェクト名「Msg₁₂₋₁₃」、メッセージデータに対するAPモジュールの読出し／書込み情報「読書き」、送信／受信情報「制御ユニット外との送受信なし」、メッセージデータ更新後のアクション情報「アクションを起こさない」、優先度情報「2」、メッセージデータ更新条件情報「APモジュールM₁起動後」が設定されている。

【0030】

つぎに、情報解析ツール8による情報自動生成処理について説明する。但し、ユーザ定義情報は、予めデータベースに格納されていることとする。そして、そのユーザ定義情報には、前述の3種類の情報として、(1)3個の制御ユニットU₁, U₂, U₃が登録されたAPモジュール配置情報テーブル23(図4参照)を含むユニット構成情報、(2)入力データD₁₁, D₂₁, D₃₁及び出力データD₁₄, D₂₄, D₃₄が登録されたシステム入出力情報テーブルを含むシステム入出力情報(図3参照)、(3)3個のタスクT₁, T₂, T₃が登録されたAPモジュール起動情報テーブル22(図5参照)及び9個のAPモジュールM₁₁, M₁₂, M₁₃, M₂₁, M₂₂, M₂₃, M₃₁, M₃₂, M₃₃が登録されたAPモジュール入出力情報テーブル23(図6参照)を含むシステム情報が格納されていることとする。

【0031】

図7に示すように、情報解析ツール8は、データベースからユーザ定義情報を取り出して、メッセージオブジェクト情報テーブル生成処理S70～S74を実行し、ユーザ定義情報に基づきメッセージオブジェクト情報テーブルを生成した後、さらに、APモジュール／メッセージオブジェクト情報テーブル生成処理S75～S79を実行し、ユーザ定義情報に基づきAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルを生成する。

【0032】

具体的には、情報解析ツール8は、まず、メッセージオブジェクト情報テーブル生成処理S70～S74において、以下に示す一連の処理を実行して、APモ

ジュール配置情報テーブル 2 3 に登録されている各制御ユニット U_1, U_2, U_3 のメッセージオブジェクト情報テーブルを作成する。

【0 0 3 3】

S 7 0 において、情報解析ツール 8 は、A P モジュール配置情報テーブル 2 3 に登録されている制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象ユニットとして、それぞれについて、図 8 に示したユニット間通信データ抽出処理 S 8 1～S 8 3 を実行する。ただし、S 8 3 だけは、全制御ユニット U_1, U_2, U_3 についての S 8 1～S 8 2 の実行が終了してから実行する。

【0 0 3 4】

処理対象ユニット上に配置される全 A P モジュールの入出力データを A P モジュール入出力情報テーブル 2 4 から取り出し、そのなかから、入力データ及び出力データの双方として用いられているデータを削除する (S 8 1)。そして、最終的に残った入力データを、その制御ユニットのユニット間通信情報の入力データとして保存する (S 8 2)。以上の処理を全ての制御ユニットについて実行したら、さらに、各制御ユニットについて、それぞれ、S 8 3 を実行する。すなわち、他の制御ユニットのユニット間通信情報の入力データとして保存されているデータと、システム入出情報の出力データとのなかから、処理対象ユニット上の A P モジュールの出力データと共通するものを抽出し、そのデータをユニット間通信情報の出力データとして保存する (S 8 3)。

【0 0 3 5】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合のユニット間通信データ抽出処理では、図 9 に示すように、制御ユニット U_1 の入出力データ、他の制御ユニットの入力データ、システムの入出力データのうち、入力データ D_{11}, D_{21} 及び出力データ $D_{14}, D_{32}, D_{22}, D_{12}, D_{13}$ が、制御ユニット U_1 のユニット間通信情報の入力データ及び出力データとして保存される。

【0 0 3 6】

つぎに、S 7 1 において、情報解析ツール 8 は、A P モジュール配置情報テーブル 2 3 に登録されている制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象ユニットとして、それぞれについて、図 1 0 に示したタスク間通信データ抽出処理 S 9 0～

S 9 3 を実行する。

【0037】

A P モジュール起動情報テーブル 2 2 に登録されている各タスクごとに、それぞれ、そのタスクで起動される A P モジュールのうち、処理対象ユニットに配されるものの入力データ及び出力データを A P モジュール入出力情報テーブル 2 4 から取り出し、それらの入出力データによってタスク入出力情報テーブルを作成する(S 9 0)。そして、各タスク入出力情報テーブルに登録されている入力データ及び出力データから、それぞれ、処理対象ユニットのユニット間通信情報の入力データ及び出力データを削除する(S 9 1)。さらに、各タスク入出力情報テーブルから、それぞれ、入力データ及び出力データの双方として登録されているデータを削除し(S 9 2)、最終的に残ったデータ群を、タスク間通信情報として保存しておく(S 9 3)。

【0038】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合のタスク間通信データ抽出処理 S 9 0 ~ S 9 3 では、図 1 1 に示すように、A P モジュール起動情報テーブル 2 2 に登録されている各タスク T_1, T_2, T_3 ごとに、それぞれ、そのタスクで起動される A P モジュールのうち、処理対象ユニット U_1 に配されるモジュール $M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{21}, M_{31}$ の入力データ及び出力データが A P モジュール入出力情報テーブル 2 4 から取り出され、それらの入出力データによってタスク入出力情報テーブル 1 1 0 a, 1 1 0 b, 1 1 0 c が作成される。そして、各タスク入出力情報テーブル 1 1 0 a, 1 1 0 b, 1 1 0 c の入力データ及び出力データから、それぞれ、処理対象ユニット U_1 のユニット間通信情報(図 9 参照)の入力データ D_{11}, D_{21} 及び出力データ D_{14}, D_{32} が削除され、さらに、入力データ及び出力データの双方として登録されているデータ(タスク入出力情報テーブル 1 1 0 a において D_{12}, D_{13}) が削除される。そして、最終的に残ったデータ D_{22} が、タスク間通信情報 1 2 1 として保存される。

【0039】

つぎに、S 7 2 において、情報解析ツール 8 は、A P モジュール配置情報テーブル 2 3 に登録されている制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象ユニットと

して、それぞれについて、図 1 2 に示したバックデータ抽出処理 S 1 2 0～S 1 2 1 を実行する。

【0 0 4 0】

処理対象ユニットのタスク間通信情報及びユニット間通信情報から、それぞれ、全ての保存データを取り出す。そして、処理対象ユニット上に配される A P モジュールのなかで、各保存データを出力するものを A P モジュール入出力情報テーブル 2 4 で検索し、その結果得られた A P モジュールを実行するタスクを、A P モジュール起動情報テーブル 2 2 でそれぞれ検索する(S 1 2 0)。さらに、処理対象ユニットに配される A P モジュールのなかで、各保存データを読み出すものを A P モジュール入出力情報テーブル 2 4 で検索する(S 1 2 1)。このとき、いずれかの保存データを読み出す A P モジュールが複数検索された場合には、それらのうちから、その保存データを出力する A P モジュールと同一タスクで起動されるほうの A P モジュールを、その保存データの読出 A P モジュールとして選択する。そして、各保存データと以上の検索結果(読出 A P モジュール、出力タスク)とを対応付けて、バック抽出テーブルとして保存しておく(S 1 2 2)。

【0 0 4 1】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合のバックデータ抽出処理 S 1 2 0～S 1 2 1 では、制御ユニット U_1 のタスク間通信情報(図 1 1 参照)及びユニット間通信情報(図 9 参照)から保存データ $D_{11}, D_{21}, D_{22}, D_{12}, D_{14}, D_{13}, D_{32}$ が取り出され、それら各データ $D_{11}, D_{21}, D_{22}, D_{12}, D_{14}, D_{13}, D_{32}$ を出力する A P モジュールの起動タスク、及び、それら各データ $D_{11}, D_{21}, D_{22}, D_{12}, D_{14}, D_{13}, D_{32}$ を読み出す A P モジュールが検索され、その検索結果に基づいて、図 1 3 に示したバック抽出テーブル 1 3 0 が作成される。

【0 0 4 2】

つぎに、S 7 3 において、情報解析ツール 8 は、A P モジュール配置情報テーブル 2 3 に登録されている制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象ユニットとして、それぞれについて、図 1 4 に示したメッセージオブジェクト生成処理 S 1 4 0～S 1 4 1 を実行する。

【 0 0 4 3 】

処理対象ユニットのバック抽出テーブルに登録されているデータのうち、互いに同じ A P モジュールに読みだされ、かつ、互いに同じタスクで起動される A P モジュールから出力される 2 つ以上のデータがある場合には、図 3 (b) に示したメッセージオブジェクトと同様なデータ構造を有する名前付きのメッセージオブジェクトを生成し、このメッセージオブジェクトに、それら 2 つ以上のデータを 1 つのバックデータとして割り当てる (S 1 4 0)。このように、送信元タスク及び送信先モジュールの双方が共通するデータ群を 1 つのバックデータとして 1 つのメッセージオブジェクトに割り当てることによって、アプリケーション実行中における通信量の削減を図ることができる。

【 0 0 4 4 】

そして、それ以外のデータについては、それぞれに名前付きのメッセージオブジェクトを生成し、メッセージオブジェクトにデータを 1 対 1 に割り当てる (S 1 4 1)。

【 0 0 4 5 】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合のバックデータメッセージオブジェクト生成処理では、制御ユニット U_1 のバック抽出テーブルに登録されているデータ $D_{11}, D_{21}, D_{22}, D_{12}, D_{14}, D_{13}, D_{32}$ のうち、2 つのデータ D_{12}, D_{13} がバックとされ、そのバックデータに 1 つのメッセージオブジェクト $M s g_{12-13}$ が割り当てられる (S 1 4 0)。また、それ以外の各データ $D_{11}, D_{21}, D_{22}, D_{14}, D_{32}$ が、互いに異なるメッセージオブジェクト $M s g_{11}, M s g_{21}, M s g_{22}, M s g_{14}, M s g_{32}$ に割り当てられる (S 1 4 1)。

【 0 0 4 6 】

つぎに、S 7 4 において、情報解析ツール 5 2 は、A P モジュール配置情報テーブル 2 3 に登録されている制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象ユニットとして、それぞれについて、図 1 6、図 1 7 及び図 1 8 に示したメッセージオブジェクト項目設定処理を実行する。すなわち、各制御ユニット U_1, U_2, U_3 ごとに、それぞれ、以下に示す処理 (1) (2) (3) (4) (5) (6) を行い、その制御ユニットのバック抽出テーブルの登録データに割り当てられたメッセージオブジェク

トの各データ設定領域へのデータ設定処理を行う。

【0047】

(1)書込み／読出し設定処理 S150～S154

処理対象ユニットのバック抽出テーブルに登録された各データに読出APモジュールがあるか否かを、ユニット間通信情報の入力データの内容及びタスク間通信情報の内容によって判定する(S150)。

【0048】

ここで、ユニット間通信情報の入力データ及びタスク間通信情報の何れにもそのデータが設定されていれば、そのデータには読出APモジュールがないと判定し、そのデータに割り当てられたメッセージオブジェクトの読出し／書込み情報設定領域に「書込み」を設定する(S151)。

【0049】

それ以外の場合には、データに読出APモジュールがあると判定し、今度は、そのデータに書込APモジュールがあるか否かを、ユニット間通信情報の出力データの内容及びタスク間通信情報の内容によって判定する(S152)。

【0050】

ここで、ユニット間通信情報の出力データ及びタスク間通信情報のいずれにもそのデータが設定されていなければ、そのデータには書込APモジュールがないと判定し、そのデータに割り当てられたメッセージオブジェクトの読出し／書込み情報設定領域に「読出し」を設定する(S153)。

【0051】

一方、タスク間通信情報にのみそのデータが設定されていれば、そのデータに割り当てられたメッセージオブジェクトの読出し／書込み情報設定領域に「読書き」を設定する(S154)。

【0052】

これにより、処理対象ユニットのバック抽出テーブルに登録された各データに割り当てられたメッセージオブジェクトの読出し／書込み情報設定領域へのデータ設定が終了する。

【0053】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合の書込み／読出し設定処理S150～S154では、制御ユニット U_1 のバック抽出テーブル(図13参照)に登録された各データ $D_{22}, D_{11}, D_{21}, D_{14}, D_{32}$ のうち、ユニット間通信情報の入力データ及びタスク間通信情報のいずれにも設定されていないデータ D_{14}, D_{32} に割り当てられたメッセージオブジェクト Msg_{14}, Msg_{32} の読出し／書込み情報設定領域には「書込み」が設定され(S151)、ユニット間通信情報の出力データ及びタスク間通信情報のいずれにも設定されていないデータ D_{11}, D_{21} に割り当てられたメッセージオブジェクト Msg_{11}, Msg_{21} の読出し／書込み設定領域には「読出し」が設定される(S153)。また、タスク間通信情報にのみ設定されているデータ D_{22} に割り当てられたメッセージオブジェクト Msg_{22} の読出し／書込み設定領域には「読書き」が設定される(S154)。

【0054】

(2)送信／受信設定処理S155～S159

処理対象ユニットのバック抽出テーブルの登録データに割り当てられたメッセージオブジェクトが、処理対象ユニットから他の制御ユニットに送信されるか否かを判定する(S155)。そのメッセージオブジェクトのデータがユニット間通信情報の出力データに設定されている場合には、処理対象ユニットから他の制御ユニットにメッセージオブジェクトが送信されると判定し、そのメッセージオブジェクトの送信／受信情報設定領域に「送信」を設定する(S156)。それ以外の場合には、処理対象ユニットから他の制御ユニットにメッセージオブジェクトが送信されないと判定し、今度は、そのメッセージオブジェクトを処理対象ユニットが受信するか否かを判定する(S157)。そのメッセージオブジェクトのデータがユニット間通信情報の入力データに設定されている場合には、そのメッセージオブジェクトを処理対象ユニットが受信すると判定し、そのメッセージオブジェクトの送信／受信情報設定領域に「受信」を設定し(S158)、それ以外の場合には、処理対象ユニットではそのメッセージオブジェクトの送受信を行わないと判定し、そのメッセージオブジェクトの送信／受信情報設定領域に「なし」を設定する(S159)。

【 0 0 5 5 】

これにより、処理対象ユニットのパック抽出テーブルに登録された各データに割り当てられたメッセージオブジェクトの送信／受信情報設定領域へのデータ設定が終了する。

【 0 0 5 6 】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合の送信／受信設定処理 $S 1 5 0 \sim S 1 5 4$ では、各データ $D_{22}, D_{11}, D_{21}, D_{14}, D_{32}$ のうち、ユニット間通信情報の出力データに該当するデータ D_{14}, D_{32} のメッセージオブジェクト $M s g_{14}, M s g_{32}$ は、送信オブジェクトと判定され、その送信／受信情報設定領域には「送信」が設定される ($S 1 5 6$)。また、ユニット間通信情報の入力データに該当するデータの D_{11}, D_{21} のメッセージオブジェクト $M s g_{11}, M s g_{21}$ は、受信オブジェクトと判定され、その送信／受信情報設定領域には「受信」が設定される ($S 1 5 8$)。そして、ユニット間通信情報の入出力データの何れにも該当しないデータ D_{22} のメッセージオブジェクト $M s g_{22}$ は、送信オブジェクト及び受信オブジェクトの何れでもない判定され、その送信／受信情報設定領域には「なし」が設定される ($S 1 5 9$)。

【 0 0 5 7 】

(3) 更新後アクション設定処理 $S 1 6 0 \sim S 1 6 6$

処理対象ユニットの各メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報の設定内容によって、そのメッセージデータが読出し可能か否かを順次判定する。

【 0 0 5 8 】

メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報として「書込み」が設定されている場合には、メッセージオブジェクトのメッセージデータを読出し不可能と判定し、そのメッセージオブジェクトのアクション情報設定領域に「アクションなし」を設定し、その後の処理を行わずに、次述の (4) 優先度設定処理に移行する。

【 0 0 5 9 】

一方、メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報として「読出し」が設定されている場合には、メッセージオブジェクトのメッセージデータを読出し可能と判定し、このメッセージデータを入力データとする AP モジュールを AP モジユ

ール入出力情報テーブル 24 で検索する (S 160)。このとき見つけた AP モジュールを起動するタスクを AP モジュール起動情報テーブル 22 で検索し (S 161)、そのタスクの AP モジュール起動情報を AP モジュール起動情報テーブル 22 から取り出して、この AP モジュール起動情報に基づき以下の処理を進める。

【0060】

まず、AP モジュール起動情報に含まれている起動条件情報の設定内容が「メッセージオブジェクトのメッセージデータの更新後」であるか否かを判定し (S 162)、「メッセージオブジェクトのメッセージデータ更新後」が設定されていた場合にだけ、メッセージオブジェクトのアクション情報設定領域に「S 161 で見つけたタスクの起動」を設定する (S 163)。さらに、AP モジュール起動情報に含まれている起動順番において、S 160 で見つけた AP モジュールの起動直前にウェイトの設定があるか否かを判定し (S 164)、ウェイトの設定があった場合にだけ、メッセージオブジェクトのアクション情報設定領域にイベントセットを設定する (S 165)。

【0061】

そして、S 160 で見つけた AP モジュールを起動する他のタスクを AP モジュール起動情報テーブル 22 で検索し、それが見つからなくなるまで、S 161 以降の処理を繰り返し実行する (S 166)。

【0062】

これにより、処理対象ユニットの各メッセージオブジェクトのイベントセット条件情報設定領域へのデータ設定が終了する。

【0063】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合の更新後アクション設定処理 S 160～S 166 では、読出し／書込み情報として「書込み」が設定されているメッセージオブジェクト Msg_{14} , Msg_{32} は、メッセージデータ読出し不可能と判定され、そのアクション情報設定領域に「アクションなし」と設定される (S 160)。一方、読出し／書込み情報として「読出し」または「読書き」が設定されているメッセージオブジェクト Msg_{11} , Msg_{21} , Msg_{22} は、いずれも

、メッセージデータ読出し可能と判定されるが、そのメッセージデータを入力とするAPモジュールの起動タスクのAPモジュール起動情報に含まれている起動条件情報に「メッセージオブジェクトのメッセージデータの更新後」と設定されていたメッセージオブジェクトMsg₂₁のアクション情報設定領域にだけ「タスクT₂起動」が設定される(S163)。

【0064】

(4)優先度設定処理S167～S171

処理対象ユニットの各メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報の設定内容によって、そのメッセージデータを書き込む書込APモジュールがあるか否かを順次判定する(S167)。

【0065】

メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報として「読出し」が設定されている場合には、そのメッセージオブジェクトには書込APモジュールがないと判定し、そのメッセージオブジェクトの優先度情報設定領域に「優先度なし」と設定する(S168)。

【0066】

一方、メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報として「書込み」または「読書き」で設定されている場合には、そのメッセージオブジェクトには書込APモジュールがあると判定し、さらに、そのメッセージオブジェクトの読出し／書込み情報の設定内容によって、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータを読みだす読出APモジュールがあるか否かを判定する(S169)。

【0067】

メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報が「書込み」であった場合には、そのメッセージオブジェクトには読出モジュールがないと判定し、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータを出力データとする書込APモジュールをAPモジュール入出力情報テーブル26で検索する。このとき見つかった書込APモジュールの起動タスクのAPモジュール起動情報をAPモジュール起動情報テーブル22から取り出して、そのAPモジュール起動情報に含まれている優先度情報を、そのメッセージオブジェクトの優先度情報設定領域に設定する(S17

1)。

【 0 0 6 8 】

一方、メッセージオブジェクトの読出し／書込み情報として「読み書き」が設定されている場合には、そのメッセージオブジェクトには書込モジュールの他に読出モジュールもあると判定し、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータを入力データとする読出 A P モジュールのうち、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータを出力データとする書込 A P モジュールとは別のタスクで起動される読出 A P モジュールを A P モジュール入出力情報テーブル 2 6 で検索する。この検索により見つかった読出 A P モジュールを起動するタスクの A P モジュール起動情報を A P モジュール起動情報テーブル 2 2 から取り出し、その A P モジュール起動情報に含まれている優先度情報(検索により複数の読出 A P モジュールが見つかった場合であれば、各読出 A P モジュールの起動タスクの A P モジュール起動情報に含まれている優先度情報の設定値のうちの最高値)を、メッセージオブジェクトの優先度情報設定領域に設定する。このように、メッセージオブジェクトの優先度送信先の優先度を設定することによって、優先度制御が保証される。

【 0 0 6 9 】

これにより、処理対象ユニットの各メッセージオブジェクトの優先度情報設定領域へのデータ設定が終了する。

【 0 0 7 0 】

例えば、処理対象ユニットが制御ユニット U_1 である場合の優先度設定処理 S 1 6 7 ~ S 1 7 1 では、読出し／書込み情報として「読出し」が設定されているメッセージオブジェクト $M s g_{11}$, $M s g_{21}$ は、書込 A P モジュールなしと判定され(S 1 6 7)、その優先度情報設定領域には「優先度なし」と設定される(S 1 6 8)。それ以外のメッセージモジュール $M s g_{14}$, $M s g_{32}$, $M s g_{22}$ のうち、読出し／書込み情報として「読書き」が設定されているメッセージオブジェクト $M s g_{22}$ は、読出 A P モジュールありと判定されて(S 1 6 9)、その優先度情報設定領域には、書込 A P モジュール M_{21} とは別タスクで起動される読出 A P モジュール M_{31} の起動タスク T_3 の優先度「3」が設定され(S 1 7 0)、その他のメッセー

ジオブジェクト Msg_{14} , Msg_{32} は、読出 AP モジュールなしと判定されて (S 169)、その優先度情報設定領域には、書込 AP モジュール M_{13} , M_{31} の起動タスク T_1 , T_1 の優先度「1」「3」が設定される (S 171)。

【0071】

(5) 更新条件設定処理 S 172 ~ S 175

処理対象ユニットの各メッセージオブジェクトの送信／受信情報の設定内容によって、そのメッセージオブジェクトが受信オブジェクトであるか否かを順次判定する (S 172)。

【0072】

ここで、メッセージオブジェクトの送信／受信情報として「受信」が設定されている場合には、そのメッセージオブジェクトを受信オブジェクトであると判定し、そのメッセージオブジェクトの更新条件情報設定領域に「メッセージ到着時」と設定する (S 176)。

【0073】

それ以外の場合には、メッセージオブジェクトのメッセージデータがパックデータであるか否かを判定して (S 174)、パックデータでなければ、メッセージオブジェクトの更新条件情報設定領域に「メッセージオブジェクトのメッセージデータを出力する AP モジュール終了後」と設定し (S 176)、パックデータであれば、そのパックデータに含まれているデータを出力する AP モジュールうちで一番最後にデータを出力する AP モジュールを、AP モジュール起動情報の起動条件情報および AP モジュール入出力情報で検索し、メッセージオブジェクトの更新条件情報設定領域に「最後のデータを出力する AP モジュール終了後」と設定する (S 175)。

【0074】

これにより、処理対象ユニットの各メッセージオブジェクトの更新条件情報設定領域へのデータ設定が終了する。

【0075】

以上の処理 S 70 ~ S 74 によって、AP モジュール配置情報テーブルに登録されている全ての制御ユニット U_1 , U_2 , U_3 のメッセージオブジェクトの生成お

よびそのデータ設定領域へのデータ設定が終了すると、情報解析ツール 8 は、それらを、図 18 に示すように、各制御ユニットごとに準備したメッセージオブジェクト情報テーブルにそれぞれ登録する。その後、前述したように、情報解析ツール 8 は、AP モジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブル生成処理 S 75 ～ S 79 を実行する。具体的には、情報解析ツール 8 は、以下に示す一連の処理を実行し、AP モジュール配置情報テーブル 23 に登録されている全ての制御ユニット U_1, U_2, U_3 の AP モジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブルを作成する。

【0076】

まず、S 75 において、情報解析ツール 8 は、AP モジュール起動情報 22 に登録された各タスク T_1, T_2, T_3 について、それぞれ、そのタスクの AP モジュール起動情報を AP モジュール起動情報テーブルから取り出し、図 19 に示したメッセージオブジェクト送受信設定処理 S 200 ～ S 205 を実行する。

【0077】

各処理対象タスクの AP モジュール起動情報に含まれている起動順番情報に起動順に登録されている AP モジュールについて、順次、その入力データがいずれかのメッセージオブジェクトのメッセージデータに該当するか否かを、AP モジュール入出力情報テーブル 24 の登録内容および各メッセージオブジェクトの設定内容により判定する (S 200)。そして、メッセージオブジェクトのメッセージデータを入力データとする AP モジュールが見つかった場合には、起動順番情報におけるその AP モジュールの直前に「そのメッセージオブジェクト(メッセージオブジェクト名を特定)の受信」の設定を挿入する (S 201)。

【0078】

さらに、起動順番情報に登録されている各 AP モジュールについて、順次、その出力データがいずれかのメッセージオブジェクトのメッセージデータに該当するか否かを、AP モジュール入出力情報テーブル 24 の登録内容および各メッセージオブジェクトの設定内容に基づき判定し (S 202)、メッセージオブジェクトのメッセージデータを出力データとしていない AP モジュールについては、メッセージオブジェクト送受信設定処理における以降の処理 S 203 ～ S 205 を

行わずに、次述のAPモジュール削除処理に移行する。

【0079】

一方、メッセージオブジェクトのメッセージデータを出力データとするAPモジュールについては、さらに、そのメッセージデータがパックデータであるか否かの判定を行い(S203)、パックデータでなければ、起動順番情報におけるそのAPモジュールの直後に「そのメッセージオブジェクト(メッセージオブジェクト名を特定)の送信」の設定を挿入するが(S204)、パックデータであれば、そのパックデータに含まれている各データを出力するAPモジュールのうちで、一番最後にデータを出力するAPモジュールを、APモジュール起動情報テーブル22およびAPモジュール入出力情報テーブル24で検索し、起動順番情報におけるそのAPモジュールの直後に「そのメッセージオブジェクト(メッセージオブジェクト名を特定)の送信」の設定を挿入する(S205)。

【0080】

つぎに、S76において、情報解析ツール8は、APモジュール配置情報テーブル24に登録された制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象として、それぞれについて、以下のAPモジュール削除処理を実行する。メッセージオブジェクト送受信設定処理において処理された各タスク T_1, T_2, T_3 の起動順番情報から、それぞれ、処理対象ユニットのAPモジュール配置情報に含まれていないAPモジュールを削除し、これらを、処理対象ユニット上の各タスクのAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報の起動順番情報とする。このとき全てのAPモジュールが削除されたタスクについては、以降の処理においては、そのタスクを処理対象ユニット上のタスクとして取り扱わない。

【0081】

つぎに、S77において、情報解析ツール8は、APモジュール配置情報テーブル24に登録された制御ユニット U_1, U_2, U_3 を順次処理対象として、それぞれについて、図20に示した起動条件設定処理S210～S214を実行する。

【0082】

処理対象ユニットの各タスク T_1, T_2, T_3 について、それぞれ、そのタスクのAPモジュール起動情報の起動順番情報において一番最初の起動モジュールとし

て設定されていたAPモジュールが、APモジュール削除処理で削除されたか否かを判定する(S210)。

【0083】

そして、最初の起動モジュールが削除されたタスクについては、メッセージオブジェクト送受信設定処理(S75)で取り出したそのタスクのAPモジュール起動情報に含まれている起動条件情報を、そのまま、そのタスクのAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報の起動条件情報とする(S211)。

【0084】

一方、最初の起動モジュールが削除されていないタスクについては、さらに、そのタスクの起動条件情報にウェイト設定があるか否かを判定する(S212)。このときウェイト設定が見つければ、メッセージオブジェクト送受信設定処理(S75)で取り出したそのタスクのAPモジュール起動情報に含まれているイベントセット条件情報を、そのタスクのAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報の起動条件情報とするが(S213)、ウェイト設定が見つからなければ、最初の起動APモジュールの全ての入力データが準備されたタイミングを、そのタスクのAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報の起動条件情報として設定する(S214)。

【0085】

つぎに、S78において、情報解析ツール8は、APモジュール配置情報テーブル24に登録された制御ユニットを順次処理対象として、それぞれについて、図21に示したウェイト設定処理S220～S223を実行する。

【0086】

処理対象ユニット上の各タスク T_1, T_2, T_3 のAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報の起動順番情報に「メッセージ受信」が連続的に設定されていた場合には、その間に「ウェイト」の設定を挿入する(S220)。

【0087】

そして、処理対象ユニット上の各タスク T_1, T_2, T_3 のAPモジュール／メッセージオブジェクト起動情報の起動順番情報に設定されているAPモジュールのなかに、APモジュール削除処理(S76)で削除されたAPモジュールの後に起

動されるAPモジュールがあるか否かを判定する(S221)。このとき、該当するAPモジュールが見つからなかった起動順番情報については、ウェイト設定処理における以後の処理S222～S223を行わずに、次述のタスク優先度設定処理に移行する。一方、該当するAPモジュールが見つかった起動順番情報については、さらに、そのAPモジュールの直前に「メッセージ受信」の設定がされているか否かを判定し(S222)、「メッセージ受信」の設定がされていれば、その直前に「ウェイト」の設定を挿入するが(S223)、「メッセージ受信」の設定がされていなければ、次述のタスク優先度設定処理に移行する。

【0088】

つぎに、S79において、情報解析ツール8は、APモジュール配置情報テーブル24に登録された制御ユニットを順次処理対象として、それぞれについて、図22に示したタスク優先度設定処理S230～S231を実行する。

【0089】

メッセージオブジェクト送受信設定処理(S75)で取り出した各タスク T_1 , T_2 , T_3 のAPモジュール起動情報に含まれている優先度情報を、それぞれ、各タスクのAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報の優先度情報とする(S230)。そして、APモジュール削除処理で全てのAPモジュールが削除されたタスクがあった場合には、そのタスクよりも優先度の高い他のタスクの優先度情報を1段階ずつ繰り下げる(S231)。例えば、処理対象ユニット上のタスク T_2 の全APモジュールがAPモジュール削除処理で削除され、タスク T_2 が処理対象ユニット上から削除された場合において、メッセージオブジェクト送受信設定処理(S75)で取り出した各タスク T_1 , T_2 , T_3 のAPモジュール起動情報の優先度情報に「1」、「2」、「3」が設定されているときは、処理対象ユニット上の2つのタスク T_1 , T_3 のうち、削除タスク T_2 よりも優先度の高いほうのタスク T_3 の優先度情報の設定を「3」から「2」に1段階繰り下げる。

【0090】

このような設定処理によれば、タスクが複数の制御ユニット上にまたがった場合でも、同一制御ユニット上で相対的にタスク優先度を設定することができるため、優先度制御が保証される。

【0091】

以上の処理 S 7 5 ~ S 7 9 によって、A P モジュール配置情報テーブルに登録されている全制御ユニット U_1, U_2, U_3 上の各タスクの A P モジュール / メッセージオブジェクト起動情報の生成が終了すると、情報解析ツール 8 は、それらを、図 2 3、図 2 4 および図 2 5 に示すように、各制御ユニットごとに準備した A P モジュール / メッセージオブジェクト起動情報テーブルにそれぞれ登録する。

【0092】

そして、各制御ユニットのメッセージオブジェクト情報テーブルおよび A P モジュール / メッセージオブジェクト起動情報テーブルは、前述したように、それぞれ、各制御ユニット用の A P 構成情報およびメッセージオブジェクトとして記憶媒体等に保存され、分散制御システム上の各制御ユニット U_1, U_2, U_3 にオフラインで転送される。

【0093】

以上のような情報自動生成処理が定義された情報解析ツール 8 を情報処理装置 2 にインストールされていれば、ユーザは、この情報解析ツール 8 を利用して、所望のシステム構成上における後述の A P モジュールの協調動作に必要な A P 構成情報およびメッセージオブジェクトを自動生成することができる。したがって、例えば、A P モジュール配置の変更等によりシステム構成が変更されても、ユーザは、A P モジュールの内容を書きかえることなく、ユーザ定義情報の設定内容を修正するだけで足りる。

【0094】

なお、以上においては、メッセージオブジェクトに含まれているデータの種類が固定され、かつ、その設定が完全に自動化されているが、以下に示すように、必要に応じて、ユーザがメッセージオブジェクトの設定内容を変更できるようにしても構わない。

【0095】

ユーザは、メッセージオブジェクトの設定内容に変更を加える必要がある場合には、ユーザ定義情報に、図 2 6 に示すような通信情報テーブル 1 8 0 およびバック情報テーブル 1 8 1 を付加する。

【0096】

通信情報テーブル180には、図26(a)に示すように、設定内容を変更する必要があるメッセージオブジェクトの通信情報がそれぞれ登録される。各通信情報には、メッセージオブジェクトを識別するためのメッセージデータ名180aの他、上述の情報自動生成処理によってメッセージオブジェクトのデータ設定領域に設定済みのデータを変更するための変更情報、例えば、メッセージオブジェクトの優先度情報180b、メッセージオブジェクトのメッセージ更新時のアクション情報(例えば、イベントセットやタスク起動の追加および削除)180dを含ませることができる。その他、メッセージオブジェクトに新たに付加される付加情報、例えば、メッセージオブジェクトのメッセージ通信の種類(ダイレクト通信または指定時間毎の周期的通信)が設定されたダイレクト/周期(時間)設定情報180c、タイムアウト値180e、メッセージオブジェクトのメッセージ未到着許容回数情報180f、タイムアウト等のエラー発生時にメッセージオブジェクトが起動するタスク名180g、Ack設定情報(有/無)180h等を含ませることができる。

【0097】

また、バック情報テーブル181には、図18(b)に示すように、メッセージデータ群を新たなバックデータにするためのバック情報が登録される。各バック情報には、バックデータにすべき複数のメッセージデータ名181aの他、上述の通信情報と同様な変更情報および付加情報(優先度181b、ダイレクト/周期(時間)設定情報181c、受信時のアクション情報181d、タイムアウト値181e、メッセージ未到着許容回数181f、エラー発生時の起動タスク名181g、Ack設定情報181h)を含ませることができる。さらに、メッセージオブジェクトのダイレクト送信タイミング情報(特定のメッセージデータ更新後、全メッセージデータ更新後、いずれかのメッセージデータ更新後等)181i、メッセージオブジェクトが送受信する特定のメッセージデータ名が指定された単独通信設定情報181j等の付加情報も含ませることができる。

【0098】

そして、ユーザ定義情報に通信情報テーブル180が含まれている場合には、

情報解析ツール 8 は、更新条件設定処理後に、通信情報に基づくメッセージオブジェクトの設定内容の修正処理(図 27(a)参照)を実行する。具体的には、更新条件設定処理の終了後に、ユーザ定義情報に通信情報テーブル 180 が含まれているか否かを判定し(S 178)、通信情報テーブル 180 が含まれていたら、各メッセージオブジェクトの設定内容を、そのメッセージオブジェクトのメッセージデータ名を含んでいる通信情報に基づき変更する(S 179)。すなわち、通信情報に含まれている変更情報(優先度 180 b、更新後アクション情報 180 d)を用いて、メッセージオブジェクト中の対応情報の設定内容を変更し、さらに、通信情報に含まれている付加情報(ダイレクト/周期(時間)設定情報 180 c、タイムアウト値 180 e、メッセージ未到着許容回数 180 f、エラー発生時起動タスク 180 g、Ack 設定情報 180 h)を、機能追加情報としてメッセージオブジェクトに付加する。

【0099】

また、ユーザ定義情報にパック情報テーブル 181 が含まれている場合には、情報解析ツール 8 は、メッセージオブジェクト生成処理(S 140)中に、パック情報に基づくパック処理(図 27(b)参照)をさらに実行すると共に、更新条件設定処理の終了後に、パック情報に基づくメッセージオブジェクトの設定内容の修正処理を実行する。具体的には、メッセージオブジェクト生成処理(S 140)において、ユーザ定義情報にパック情報テーブル 181 が含まれているか否かを判定し(S 180)、パック情報テーブル 181 が含まれていたら、パック情報において指定されているメッセージデータ群を 1 つのパックデータとしてパックし、このパックデータを、1 つのメッセージオブジェクトに割り当てる。そして、更新条件設定処理の終了後には、パック情報に基づき生成されたメッセージオブジェクトの設定内容を、そのパック情報に基づき変更する。すなわち、パック情報に含まれている変更情報(優先度 181 b、更新後アクション情報 181 d)を用いて、メッセージオブジェクト中の対応情報の設定内容を変更し、さらに、パック情報に含まれている付加情報(ダイレクト/周期(時間)設定情報 181 c、タイムアウト値 181 e、メッセージ未到着許容回数 181 f、エラー発生時の起動スク名 181 g、Ack 設定情報 181 h、ダイレクト送信タイミング情報 1

81 i、単独通信設定情報 181 j)を、機能追加情報としてメッセージオブジェクトに付加する。

【0100】

このように、ユーザ定義情報に通信情報テーブルおよびパック情報テーブルが含まれていた場合にだけ、情報解析ツール 8 が、それらのテーブルに登録されている通信情報およびパック情報に基づき、メッセージオブジェクトの設定内容を修正するようにすれば、ユーザは、ユーザ定義情報への通信情報テーブルおよびパック情報テーブルの適宜な付加により、情報処理装置 2 で自動生成される AP 構成情報およびメッセージオブジェクトの設定内容(例えば、優先度、パックデータの組合せ等)を、対応システムに固有の事情に応じて修正することができる。また、付加機能(ダイレクト通信から周期的通信への変更機能、単独通信機能等)の追加等、より細かな情報設定をすることもできる。

【0101】

したがって、例えば、上記情報自動生成処理において生成されるメッセージオブジェクト情報テーブルの登録内容が、システム変更やユニット構成変更の影響によって変更される可能性がある場合でも、一旦作成した通信情報テーブルやパック情報テーブルの登録内容を変更しなければ、そのような可能性をなくすことができる。

【0102】

さて、図 18 のメッセージオブジェクト情報テーブルおよび図 23～図 25 の AP モジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブルが各制御ユニット U_1, U_2, U_3 に転送された分散制御システムにおいては、図 28 に示したような各制御ユニット U_1, U_2, U_3 上の AP モジュール間の相互のメッセージ通信によってアプリケーションが実行される。

【0103】

(1) 制御ユニット U_1 上における処理

RTOS 3 は、タスク T_1 の AP モジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図 23)の起動条件情報にしたがい、タスク T_1 を 10 ms 周期で起動する。それにより実行状態に移行したタスク T_1 は、タスク T_1 の AP モジュール/メッ

セージオブジェクト起動情報(図 2 3 (a))の起動順番情報にしたがい、A P モジュール M_{13} , M_{11} , M_{12} および R T 通信処理制御部 6 を起動する。具体的には、以下の通りである。

【0 1 0 4】

タスク T_1 は、まず、ネットワーク上からの受信メッセージによるオブジェクト $M s g_{11}$ のメッセージデータ更新のために R T 通信処理制御部 6 を起動する。このとき起動された R T 通信処理制御部 6 は、オブジェクト $M s g_{11}$ の更新条件情報(図 1 8 (a))に定められたタイミングで、オブジェクト $M s g_{11}$ のメッセージデータを受信メッセージにより更新する。

【0 1 0 5】

次いで、タスク T_1 は、2 つの A P モジュール M_{11} , M_{12} を順番に起動してから、さらに、ネットワーク上へのメッセージオブジェクト $M s g_{12-13}$ の送信のために R T 通信処理制御部 6 を起動する。このとき起動された R T 通信処理制御部 6 は、メッセージオブジェクト $M s g_{12-13}$ の更新条件情報(図 1 8 (a))にしたがい、A P モジュール M_{12} の終了後にメッセージオブジェクト $M s g_{12-13}$ のメッセージデータを更新してから、そのメッセージオブジェクト $M s g_{12-13}$ をネットワーク上へと送信する。

【0 1 0 6】

さらに、A P モジュール M_{13} を起動し、最後に、ネットワーク上へのメッセージオブジェクト $M s g_{14}$ の送信のために R T 通信処理制御部 6 を起動する。このとき起動された R T 通信処理制御部 6 は、メッセージオブジェクト $M s g_{14}$ の更新条件情報(図 1 8 (a))にしたがい、A P モジュール M_{13} の終了後にメッセージオブジェクト $M s g_{14}$ のメッセージデータを更新してから、そのメッセージオブジェクト $M s g_{14}$ をネットワーク上へと送信する。なお、最後の起動処理を終了させたタスク T_1 は終了する。

【0 1 0 7】

また、ネットワーク上からメッセージオブジェクト $M s g_{22}$ をネットワーク通信処理ドライバ 4 が受信すると、R T O S 3 は、R T 通信処理制御部 6 を起動する。R T 通信処理制御部 6 は、メッセージオブジェクト $M s g_{12}$ の更新後アクシ

ョン情報(図18(a))にしたがい、RTOS3にタスク T_2 を起動させるべくシステムコールを用いる。それにより実行状態に移行したタスク T_2 は、タスク T_2 のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図23(b))の起動順番情報にしたがい、APモジュール M_{21} およびRT通信処理制御部6を起動する。具体的には、以下の通りである。

【0108】

タスク T_2 は、まず、メッセージオブジェクト Msg_{12} のメッセージデータ更新のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{12} の更新条件情報(図18(a))にしたがい、メッセージオブジェクト Msg_{12} のメッセージデータを受信メッセージによって更新する。

【0109】

さらに、タスク T_2 は、APモジュール M_{21} を起動し、最後に、メッセージオブジェクト Msg_{22} の送信のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{22} の更新条件情報および更新後アクション情報(図18(a))にしたがい、APモジュール M_{21} の終了後にメッセージオブジェクト Msg_{22} のメッセージデータを更新し、そのメッセージオブジェクト Msg_{22} をネットワーク上に送信すると共に、RTOS3にタスク T_3 を起動させるべくシステムコールを用いる。なお、最後の起動処理を終了させたタスク T_2 は終了する。

【0110】

さて、実行状態に移行したタスク T_3 は、タスク T_3 のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図23(b))の起動順番情報にしたがい、APモジュール M_{31} およびRT通信処理制御部6を起動する。具体的には、以下の通りである。

【0111】

タスク T_3 は、まず、メッセージオブジェクト Msg_{22} のタスク間通信のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、タスク T_2 からのメッセージオブジェクト Msg_{22} を受信する。

【0112】

次いで、タスク T_3 は、APモジュール M_{31} を起動し、最後に、メッセージオブジェクト Msg_{32} の送信のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{32} の更新条件情報および更新後アクション情報(図18(a))にしたがい、APモジュール M_{31} の終了後にメッセージオブジェクト Msg_{32} のメッセージデータを更新し、そのメッセージオブジェクト Msg_{32} をネットワーク上に送信すると共に、RTOS3にタスクを終了させるべくシステムコールを用いる。なお、最後の起動処理を終了させたタスク T_3 は終了する。

【0113】

(2)制御ユニット U_2 上における処理

ネットワーク上からメッセージオブジェクト Msg_{22} をネットワーク通信処理ドライバ4が受信すると、RTOS3は、RT通信処理制御部6を起動する。RT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{22} の更新後アクション情報(図18(b))にしたがい、RTOS3にタスク T_2 を起動させるべくシステムコールを用いる。それにより実行状態に移行したタスク T_2 は、APモジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図24(a))の起動順番情報にしたがい、APモジュール M_{22}, M_{23}, M_{32} およびRT通信処理制御部6を起動する。具体的には、以下の通りである。

【0114】

タスク T_2 は、まず、メッセージオブジェクト Msg_{22} のメッセージデータ更新のためにRT通信処理制御部6を起動し、さらに、メッセージオブジェクト Msg_{12-13} の受信のためにRT通信処理制御部6を起動する。RT通信処理制御部6は、最初の起動時には、メッセージオブジェクト Msg_{22} の更新条件情報(図18(b))にしたがい、メッセージオブジェクト Msg_{22} のメッセージデータを受信メッセージによって更新し、次の起動時には、メッセージオブジェクト Msg_{12-13} の更新条件情報(図18(b))にしたがい、ネットワーク上からのメッセージオブジェクト Msg_{12-13} の到着時にそのメッセージデータでメッセージオブジェクト Msg_{12-13} を更新する。

【0 1 1 5】

次いで、タスク T_2 は、APモジュール M_{22} を起動し、さらに、ウェイト1を実行させるべくシステムコールを用いる。このとき、APモジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図24(a))のイベント情報に設定されているイベント1(APモジュール終了から10ms)を与えるアラームを起動させるべくシステムコールを用いる。

【0 1 1 6】

その後、アラームの起動によってウェイト状態が解除されたタスク T_2 は、APモジュール M_{23} を起動し、最後に、ネットワーク上へのメッセージオブジェクト Msg_{24} の送信のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{24} の更新条件情報(図18(b))にしたがい、APモジュール M_{23} の終了後にメッセージオブジェクト Msg_{24} のメッセージデータを更新し、そのメッセージオブジェクト Msg_{24} をネットワーク上へと送信する。なお、最後の起動処理を終了させたタスク T_2 は終了する。

【0 1 1 7】

さて、ネットワーク上からメッセージオブジェクト Msg_{32} をネットワーク通信処理ドライバ4が受信すると、RTOS3は、RT通信処理制御部6を起動する。RT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{32} の更新後アクション情報(図18(b))にしたがい、RTOS3にタスク T_3 を起動させるべくシステムコールを用いる。これにより実行状態に移行したタスク T_3 は、タスク T_3 のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図24(b))の起動順番情報にしたがい、APモジュール M_{32} およびRT通信処理制御部6を起動する。具体的には、タスク T_3 は、まず、メッセージオブジェクト Msg_{32} のメッセージデータ更新のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{32} の更新条件(図18(b))にしたがい、メッセージオブジェクト Msg_{32} を受信メッセージにより更新する。次いで、タスク T_3 は、APモジュール M_{32} を起動し、最後に、メッセージオブジェクト Msg_{33} の送信のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき

起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{32} の更新条件情報(図18(b))にしたがい、APモジュール M_{32} の終了後にメッセージオブジェクト Msg_{32} のメッセージデータを更新する。なお、最後の起動処理を終了させたタスク T_3 は終了する。

【0118】

(3)制御ユニット U_3

ネットワーク上からメッセージオブジェクト Msg_{33} をネットワーク通信処理ドライバ4が受信すると、RTOS3は、RT通信処理制御部6を起動する。RT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{33} の更新後アクション情報(図18(c))にしたがい、RTOS3にタスク T_3 を起動させるべくシステムコールを用いる。それにより実行状態に移行したタスク T_2 は、タスク T_2 のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報(図25)の起動順番情報にしたがい、APモジュール M_{33} およびRT通信処理制御部6を起動する。具体的には、タスク T_3 は、まず、メッセージオブジェクト Msg_{33} のメッセージデータ更新のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{33} の更新条件情報(図18(c))にしたがい、メッセージオブジェクト Msg_{33} のメッセージデータを受信メッセージによって更新する。次いで、タスク T_3 は、APモジュール M_{33} を起動し、最後に、ネットワーク上へのメッセージオブジェクト Msg_{34} の送信のためにRT通信処理制御部6を起動する。このとき起動されたRT通信処理制御部6は、メッセージオブジェクト Msg_{34} の更新条件にしたがい、APモジュール M_{33} の終了APとにメッセージオブジェクト Msg_{34} のメッセージデータを更新してから、そのメッセージオブジェクト Msg_{34} をネットワーク上へと送信する。なお、最後の起動処理を終了させたタスク T_3 は終了する。

【0119】

なお、以上において、各制御ユニット U_1, U_2, U_3 からネットワーク上へのメッセージ送信は、それぞれのメッセージオブジェクトに含まれている優先度情報にしたがって行われている。

【0 1 2 0】

このように、本分散制御システムにおいては、タスクが、A P 構成情報にしたがってA P モジュールとメッセージ通信処理とを起動するようにしているため、A P モジュールとメッセージ通信処理プログラムとの完全な分離化が実現されている。したがって、本分散制御システムによれば、システム構成やユニット構成等が変更されても、ユーザは、ソフトウェアに変更を加えることなく、ユーザ定義情報の設定内容を変更するだけで、新たなシステム構成下におけるアプリケーションの実行を可能とすることができる。すなわち、システム構成やユニット構成の変更に伴うソフトウェア変更量を最小限に抑制することができるため、アプリケーションを新たなシステム対応にするための労力を削減することができる。

【0 1 2 1】

さらに、ユーザ定義情報の設定内容を変更するだけで、A P 構成情報の設定内容を変更させることができるため、A P モジュールおよびメッセージ通信処理の起動順番やメッセージオブジェクトの優先度等の変更によって、簡単に、A P モジュールとメッセージ通信処理とを同期的にあるいは非同期に起動させることができる。従って、ネットワークを介した通信処理を含むセンサ入力～アクチュエータ出力までの最悪処理実行時間を簡単に短縮することができ、ネットワークを介したe n d－t o－e n dのリアルタイム性を容易に保証することができる。

【0 1 2 2】

以上、ネットワーク上の複数の制御ユニットにA P モジュールが分散されている場合を例に挙げて説明したが、本発明は、ネットワーク上の1つの制御ユニットに全てのA P モジュールが配置される場合にも適用可能である。例えば、図4のA P モジュール起動情報テーブルおよび図5のA P モジュール入出力テーブルがシステム構成情報2 0に含まれ、かつ、制御ユニットU₁に配されるA P モジュールとして全てのA P モジュールが登録されたA P モジュール配置テーブルがユニット構成情報2 1に含まれている場合には、情報解析ツール8は、これらの情報2 0, 2 1に基づき上述の情報自動生成処理を実行し、制御ユニットU₁のメッセージオブジェクト情報テーブルおよびA P モジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルに、それぞれ、図2 9および図3 0に示したデータを登録

する。これらのテーブルが転送された制御ユニット U_1 上におけるアプリケーション実行の際には、タスクが、APモジュール／メッセージオブジェクト起動情報において定められた起動順番等にしがって、APモジュールおよびAPモジュール間のメッセージオブジェクト送受信サービスを提供するRT通信制御部を起動する(図31参照)。これにより、相互のメッセージ通信によるAPモジュールの協調動作が行われ、アプリケーションが実行される。

【0123】

なお、本実施の形態では、メッセージオブジェクトに書込モジュールの他に複数の読出モジュールがある場合には、各読出APモジュールの起動タスクの優先度のなかの最高値を、そのメッセージオブジェクトの優先度としているが、必ずしも、このようにする必要はない。例えば、書込モジュールの優先度をそのメッセージオブジェクトの優先度とすれば、優先度の高いタスクからメッセージが送信され易くなる。

【0124】

また、タスクが周期的にのみ起動されるシステムに本発明を適用する場合には、周期的にメッセージが更新されるようにするか、あるいは、周期的にメッセージを到着させ、その周期にあわせてタスクが起動されるようにすればよい。

【0125】

また、本実施の形態では、同一ユニット内におけるタスク間通信の場合にもメッセージを生成しているが、同一ユニット内におけるタスク間通信の場合にはメッセージを生成しないようにすれば、通信処理の削減が図られる。

【0126】

【発明の効果】

本分散制御システムによれば、タスクが、AP構成情報にしがってAPモジュールとメッセージ通信処理とを起動するようにしているため、APモジュールとメッセージ通信処理プログラムとの完全な分離化が実現される。しがって、本分散制御システムによれば、システム構成やユニット構成等が変更されても、ユーザは、ソフトウェアに変更を加えることなく、ユーザ定義情報の設定内容を変更するだけで、新たなシステム構成下におけるアプリケーションの実行を可能

とすることができる。すなわち、システム構成やユニット構成の変更に伴うソフトウェア変更量を最小限に抑制することができるため、ソフトウェアの生産性を向上させることができると共に、種々の構成のシステムにアプリケーションを適用するために費やされる作業を削減することができる。

【0127】

また、ユーザ定義情報の設定内容を変更するだけで、AP構成情報の設定内容を変更させることができるため、APモジュールおよびメッセージ通信処理の起動順番やメッセージオブジェクトの優先度等の変更によって、簡単に、APモジュールとメッセージ通信処理とを同期的にあるいは非同期に起動させることができる。従って、ネットワークを介した通信処理を含むセンサ入力〜アクチュエータ出力までの最悪処理実行時間を簡単に短縮することができ、ネットワークを介したend-to-endのリアルタイム性を容易に保証することができる。

【0128】

また、メッセージオブジェクトに複数の読出モジュールがある場合には、書込モジュールの優先度をそのメッセージオブジェクトの優先度とすることによって、優先度の高いタスクからのメッセージの送信を行いやすくことができる。

【0129】

また、同一ユニット内におけるタスク間通信の場合には、メッセージを生成しないようにすれば通信処理の削減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係る分散制御システムの構成図である。

【図2】(a)は、ユーザ定義情報に含まれているシステム構成情報のデータ構造を概念的に示した図であり、(b)は、ユーザ定義情報に含まれているユニット構成情報のデータ構造を概念的に示した図であり、(c)は、ユーザ定義情報に含まれているシステム入出力情報のデータ構造を概念的に示した図である。

【図3】(a)は、AP構成情報のデータ構造を概念的に示した図であり、(b)は、メッセージオブジェクト情報のデータ構造を概念的に示した図である。

【図4】ユニット構成情報に含まれているAPモジュール配置情報テーブルの一例を示した図である。

【図 5】システム構成情報に含まれている A P モジュール起動情報テーブルの一例を示した図である。

【図 6】システム構成情報に含まれている A P モジュール入出力情報テーブルの一例を示した図である。

【図 7】情報解析ツールが実行する情報自動生成処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 8】図 7 のユニット間通信データ抽出ルーチン S 7 0 におけるユニット間通信データ抽出処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 9】ユニット間通信データ抽出処理を具体的に説明するための図である。

【図 1 0】図 7 のタスク間通信データ抽出ルーチン S 7 1 におけるタスク間通信データ抽出処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 1 1】タスク間通信データ抽出処理を具体的に説明するための図である。

【図 1 2】図 7 のバックデータ抽出ルーチン S 7 2 におけるバックデータ抽出処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 1 3】バックデータ抽出処理により作成されたバック抽出テーブルのデータ構造を概念的に示した図である。

【図 1 4】図 7 のメッセージオブジェクト生成ルーチン S 7 3 におけるメッセージオブジェクト処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 1 5】図 7 のメッセージオブジェクト項目設定ルーチン S 7 4 における書込み／読出し設定処理および送信／受信設定処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 1 6】図 7 のメッセージオブジェクト項目設定ルーチン S 7 4 における更新後アクション設定処理および優先度設定処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 1 7】図 7 のメッセージオブジェクト項目設定ルーチン S 7 4 における更新条件設定処理および設定修正処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 1 8】情報解析ツールにより生成された各制御ユニットのメッセージオブジェクト情報テーブルの一例を示した図である。

【図 1 9】図 7 のメッセージオブジェクト送受信設定ルーチン S 7 5 におけるメッセージオブジェクト送受信設定処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 2 0】図 7 の起動条件設定ルーチン S 7 6 における起動条件設定処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 2 1】図 7 の起動条件設定ルーチン S 7 8 におけるウェイト設定処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 2 2】図 7 のタスク優先度設定ルーチン S 7 9 におけるタスク優先度設定処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 2 3】情報解析ツールにより生成された A P モジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルの一例を示した図である。

【図 2 4】情報解析ツールにより生成された A P モジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルの一例を示した図である。

【図 2 5】情報解析ツールにより生成された A P モジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルの一例を示した図である。

【図 2 6】(a)は、ユーザ定義情報に含まれている通信情報テーブルのデータ構造を概念的に示した図であり、(b)は、ユーザ定義情報に含まれているパック情報テーブルのデータ構造を概念的に示した図である。

【図 2 7】図 7 のメッセージオブジェクト項目設定ルーチン S 7 4 に付加する設定修正処理の流れを示したフローチャート図である。

【図 2 8】本発明の実施の一形態に係る分散制御システムにおける、メッセージ通信による A P モジュールの協調動作を説明するための図である。

【図 2 9】1 つの制御ユニットに全ての A P モジュールが配置される場合における、その制御ユニットのメッセージオブジェクト情報テーブルの一例を示した図である。

【図 3 0】1 つの制御ユニットに全ての A P モジュールが配置される場合における、その制御ユニットの A P モジュール／メッセージオブジェクト起動情報テーブルの一例を示した図である。

【図 3 1】本発明の実施の一形態に係る分散制御システムにおける、メッセージ通信による A P モジュールの協調動作を説明するための図である。

【図 3 2】システム入出力情報に含まれているシステム入出力情報テーブルの一例を示した図である。

【符号の説明】

M_1, M_2, \dots, M_n …アプリケーションプログラムモジュール(A Pモジュール)

$M s g_1, M s g_2, \dots, M s g_n$ …メッセージオブジェクト

T_1, T_2, \dots, T_n …タスク

$1 a, \dots, 1 n$ …制御ユニット

2…情報処理装置

3…リアルタイムオペレーティングシステム(R T O S)

4…ネットワーク通信処理ドライバ

5…分散制御処理ミドルウェア

6…R T通信処理制御部

7…A P構成情報

8…情報解析ツール

2 0…システム構成情報

2 1…ユニット構成情報

2 2…A Pモジュール起動情報テーブル

2 3…A Pモジュール配置情報テーブル

2 4…A Pモジュール入出力情報テーブル

2 5…システム入出力情報

2 6…システム入出力情報テーブル

1 8 0…通信情報テーブル

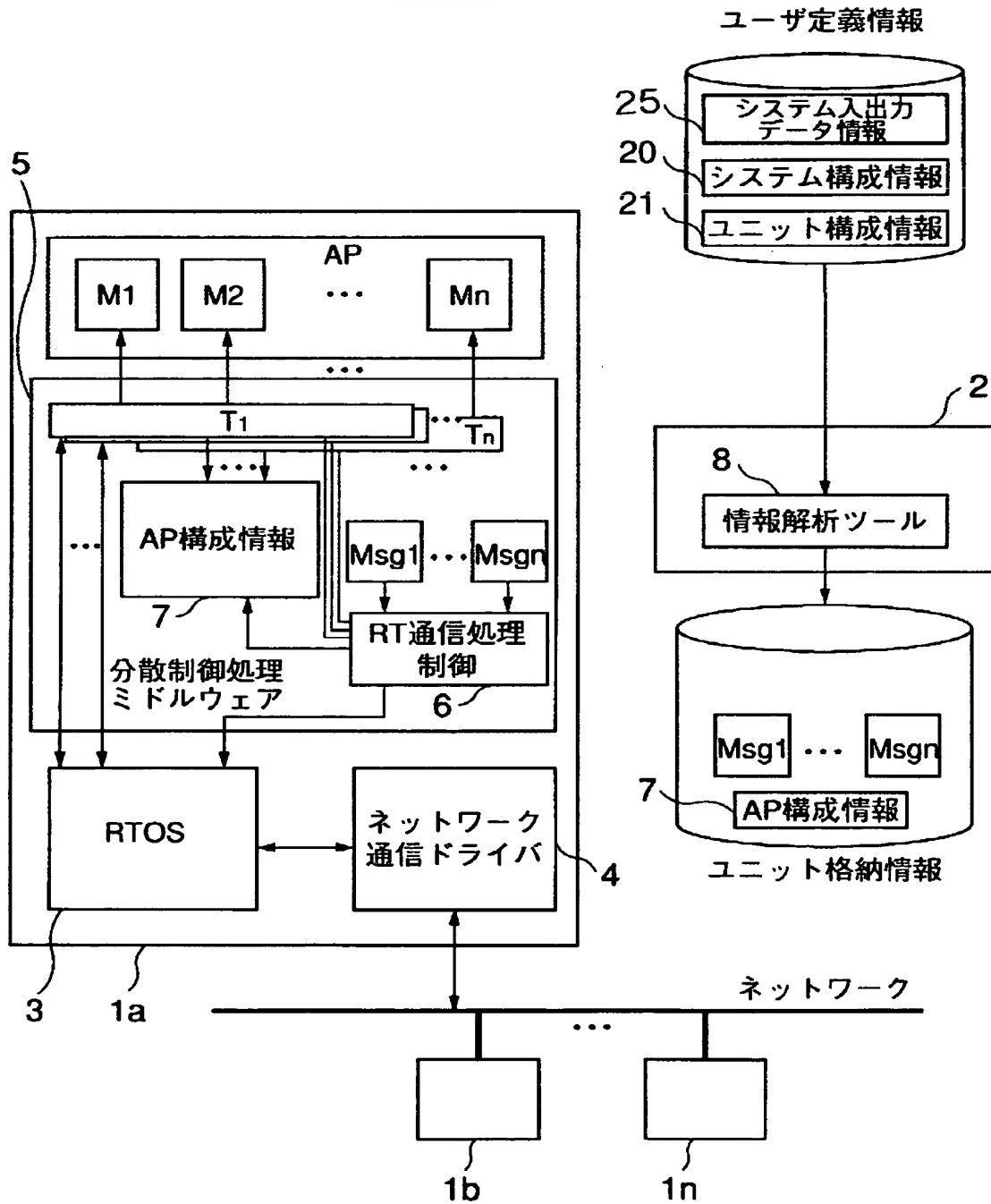
1 8 1…バック情報テーブル

【書類名】 図面

【図 1】

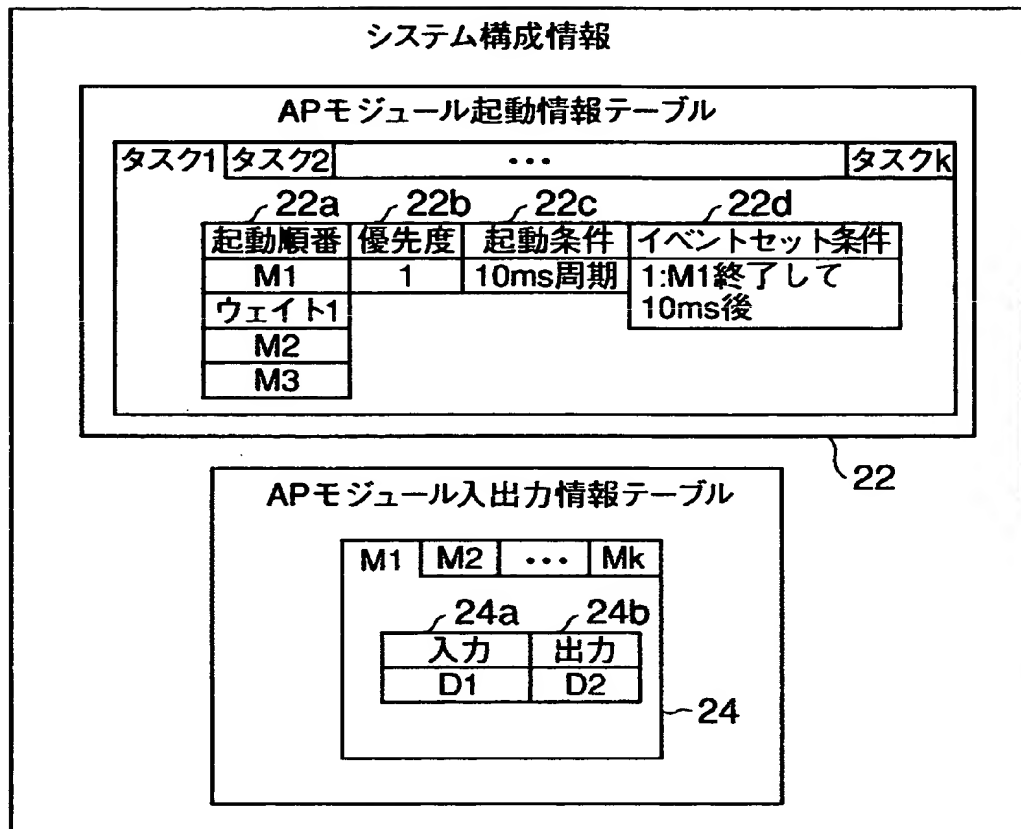
図1

分散制御システム



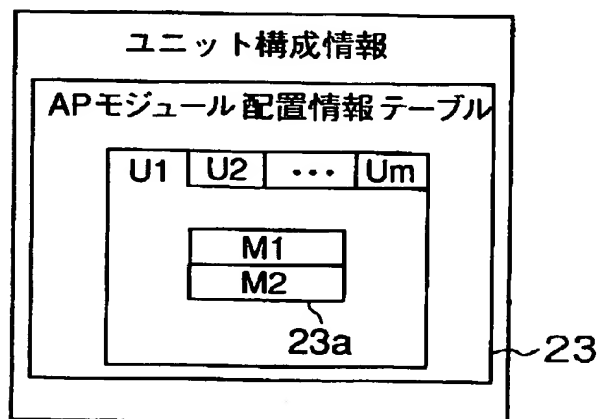
【図 2】

図2



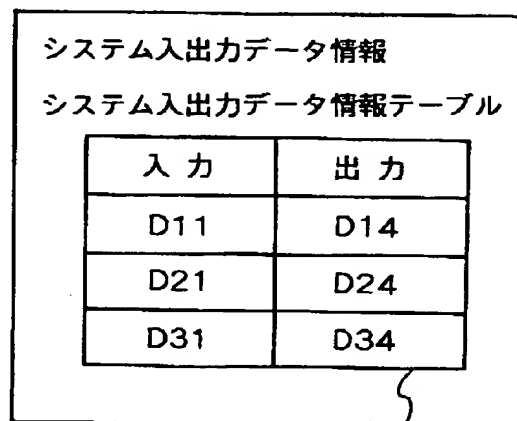
(a)

20



(b)

21



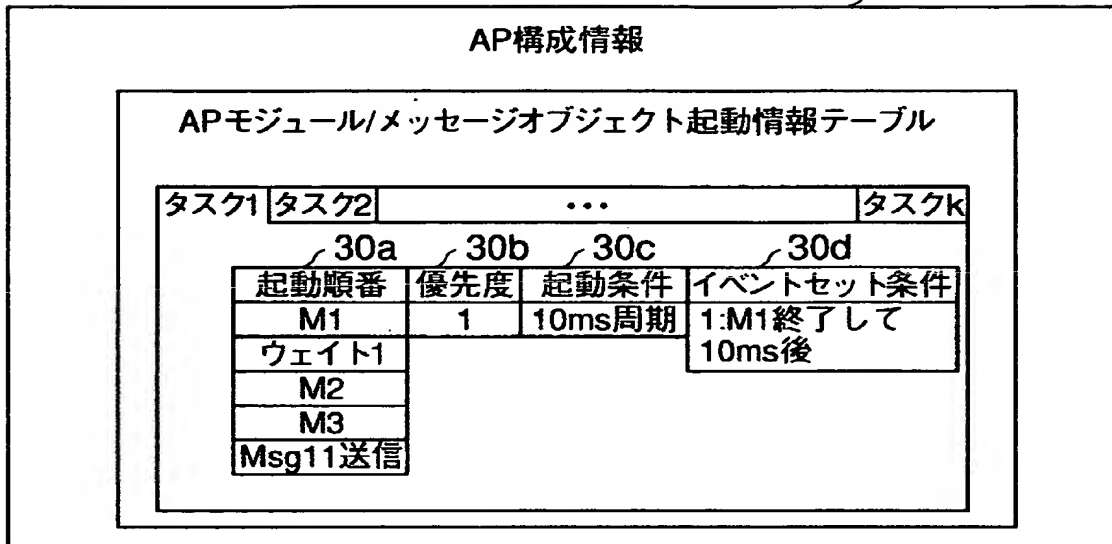
(c)

26

25

【図 3】

図3



(a)

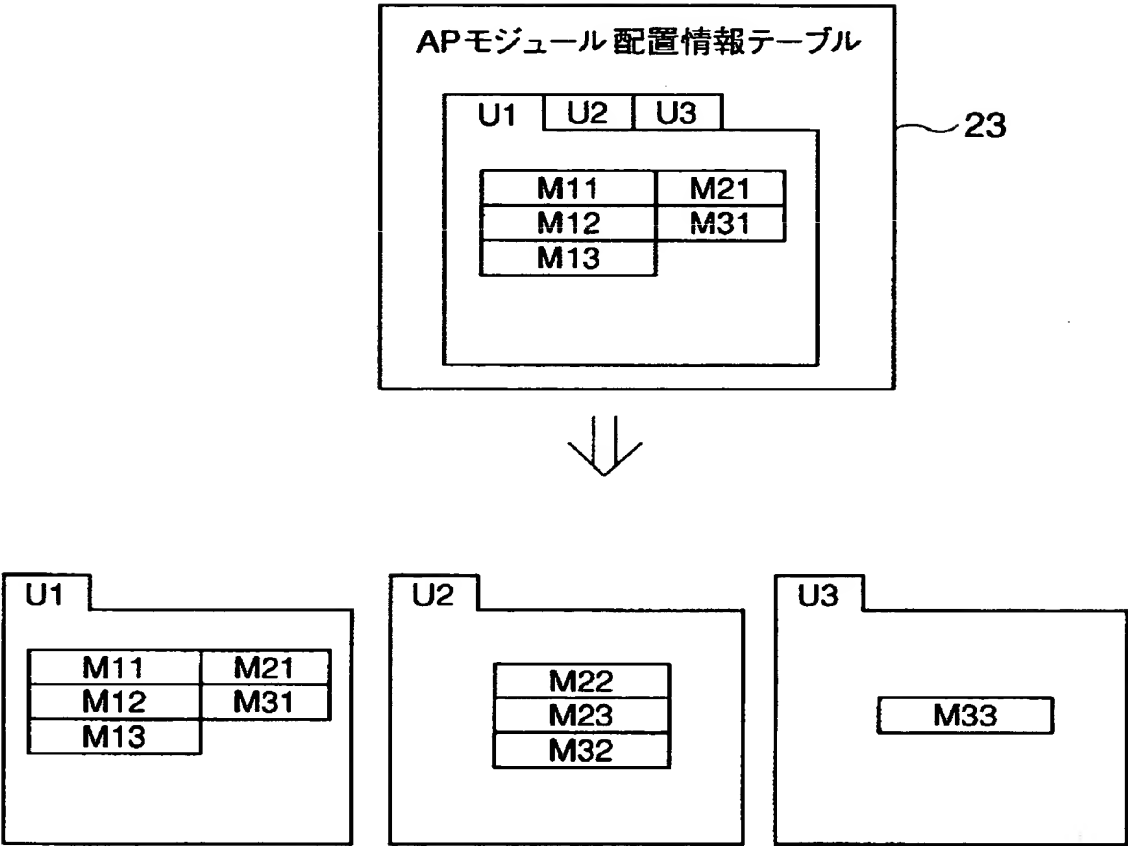
メッセージオブジェクト情報

31a	31b	31c	31d	31e	31f	31g
データ	メッセージ	書き込み/ 読み出し	送信/ 受信	更新後の アクション	優先度	更新条件
D12 D13	Msg12-13	書/読	なし	なし	2	M12後
D22	Msg22	書/読	なし	タスク3起動	3	M21後
D11	Msg11	読	受信	なし	なし	到着後
D21	Msg21	読	受信	タスク2起動	なし	到着後
D14	Msg14	書	送信	なし	1	M13後
D24	Msg24	書	送信	なし	2	M23後
D34	Msg34	書	送信	なし	3	M33後

(b)

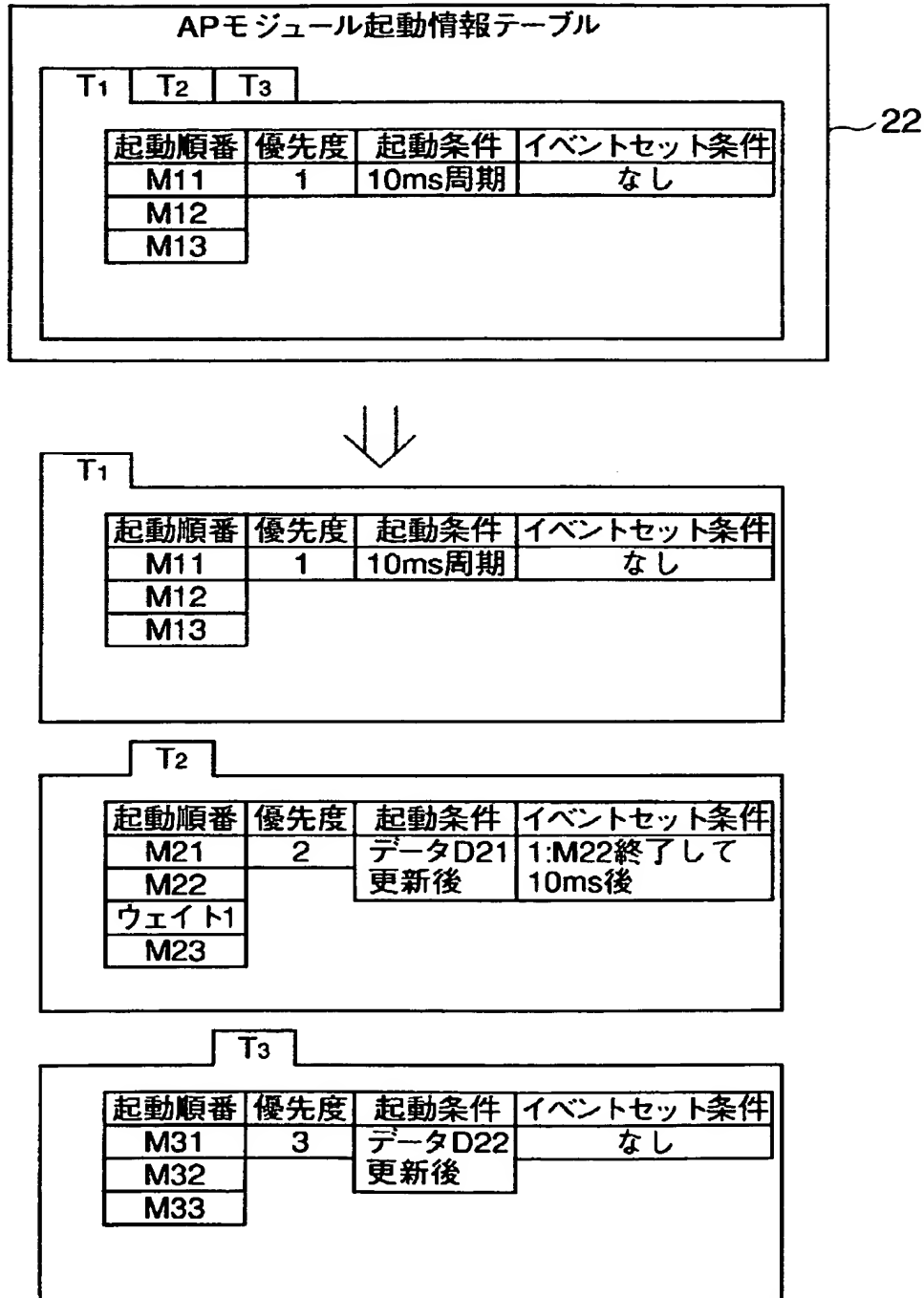
【図 4】

図4



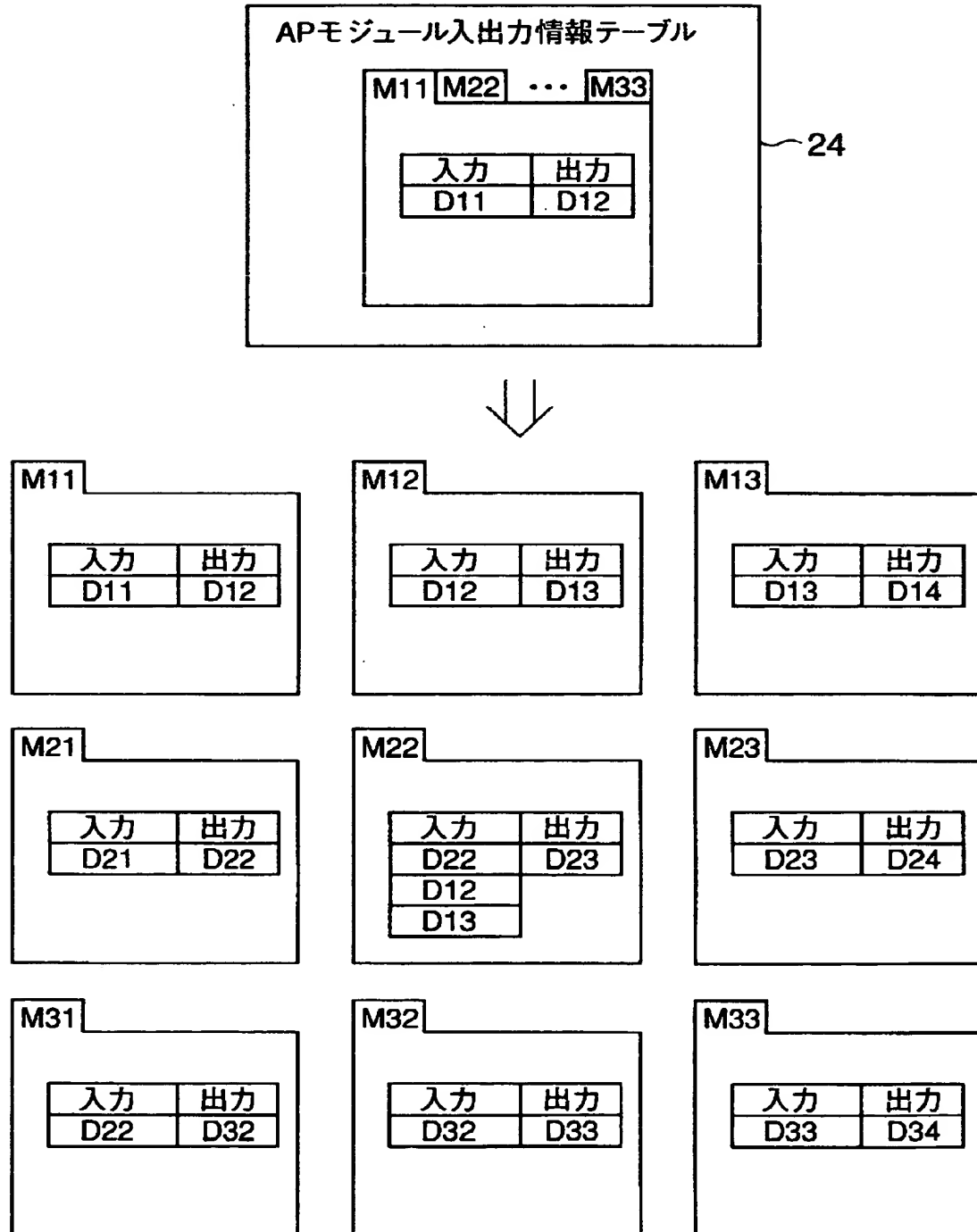
【図 5】

図5



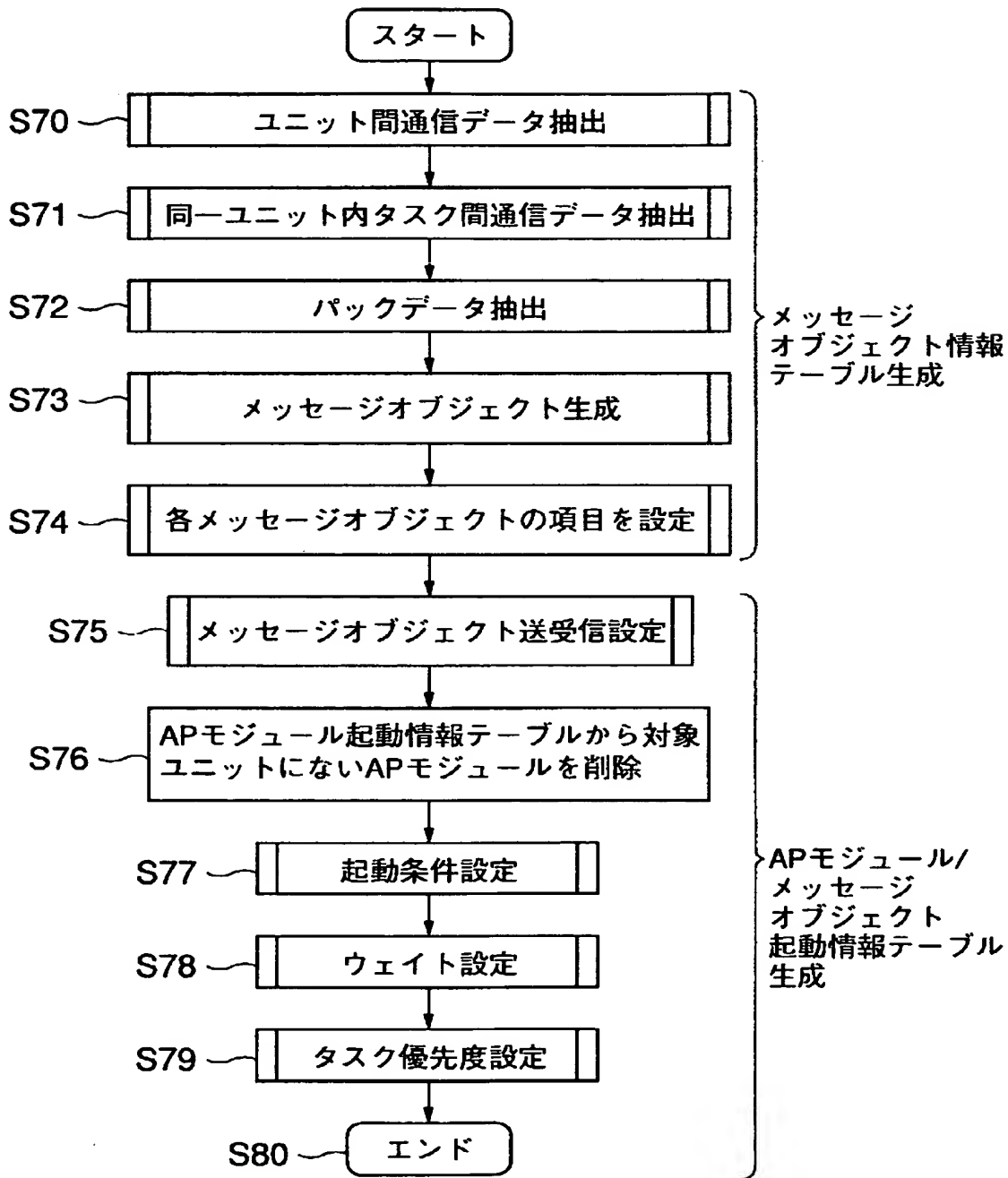
【図 6】

図6



【図 7】

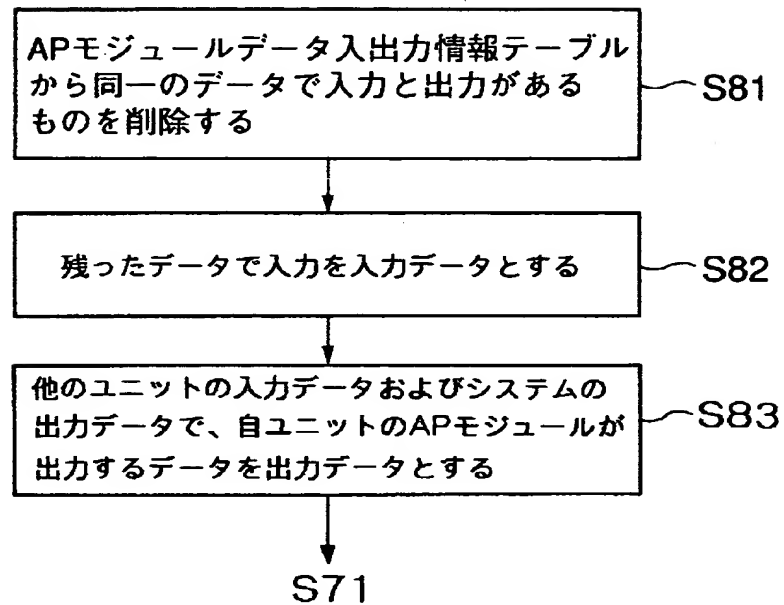
図7



【図 8】

図8

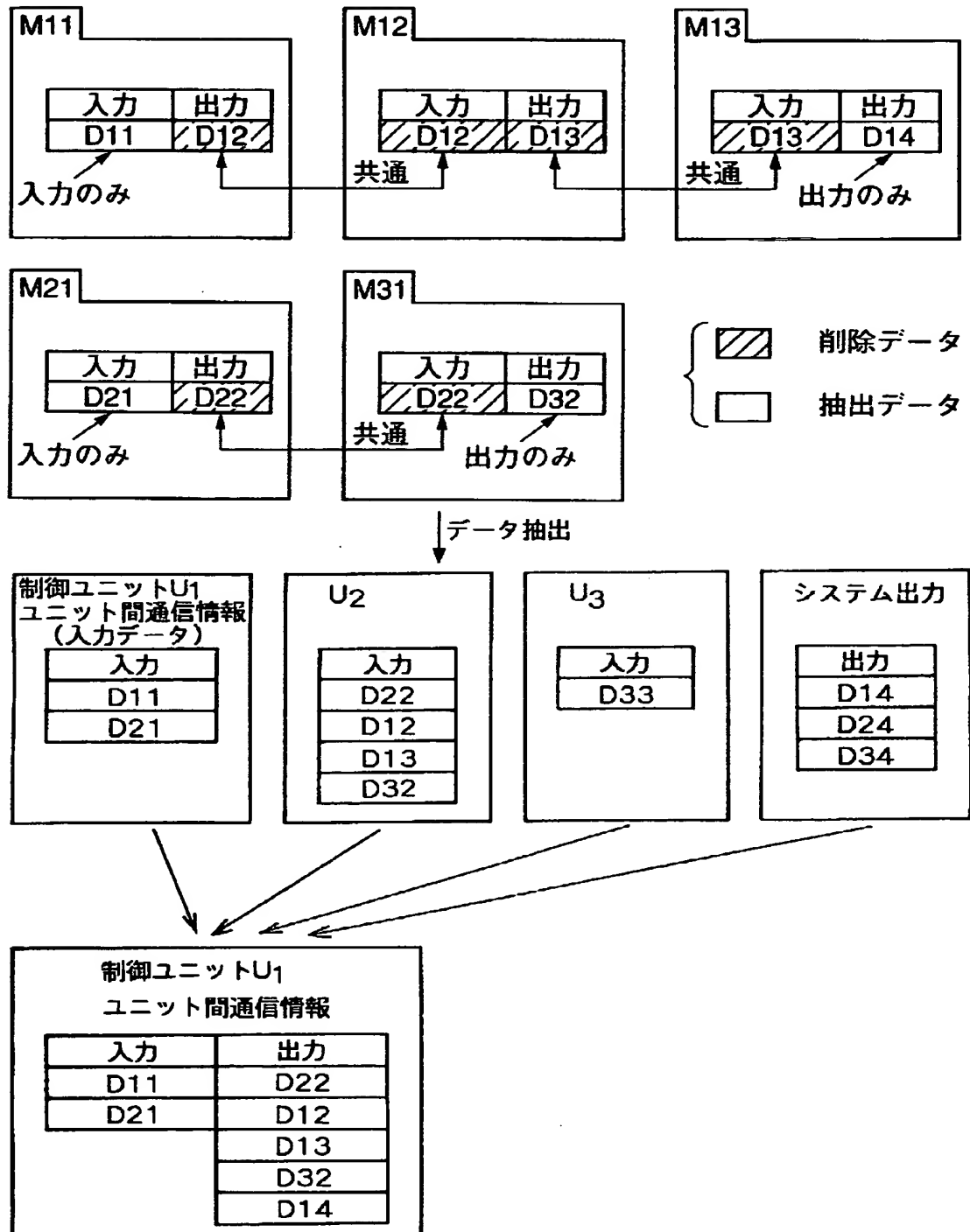
ユニット間通信データ抽出フロー (S70)



【図 9】

図9

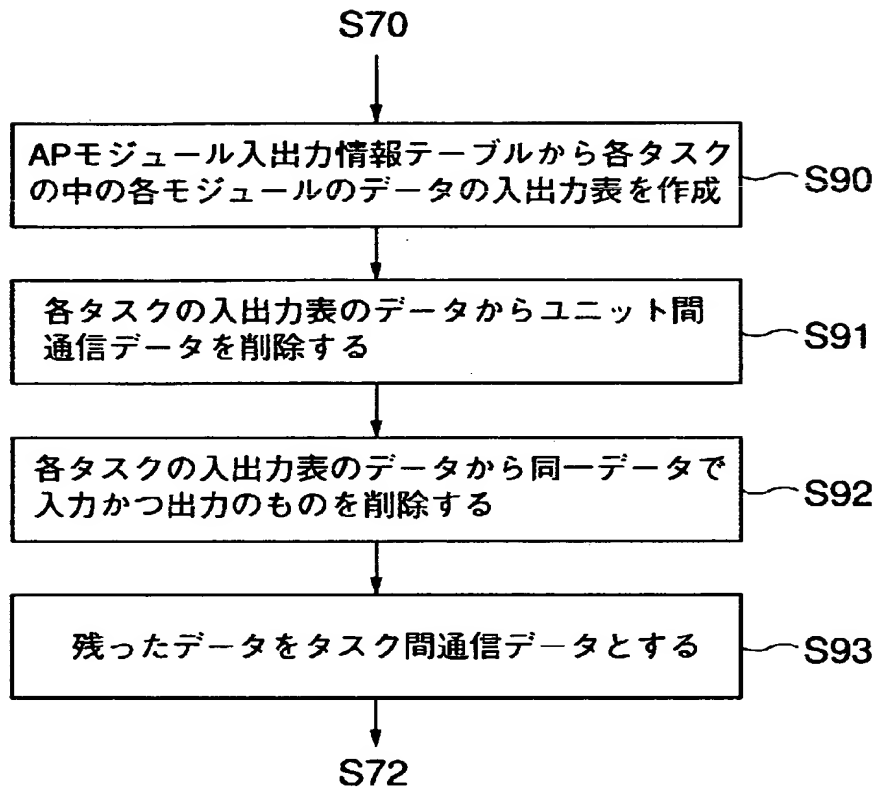
制御ユニットU₁についてのユニット間通信データ抽出処理



【図 1 0】

図10

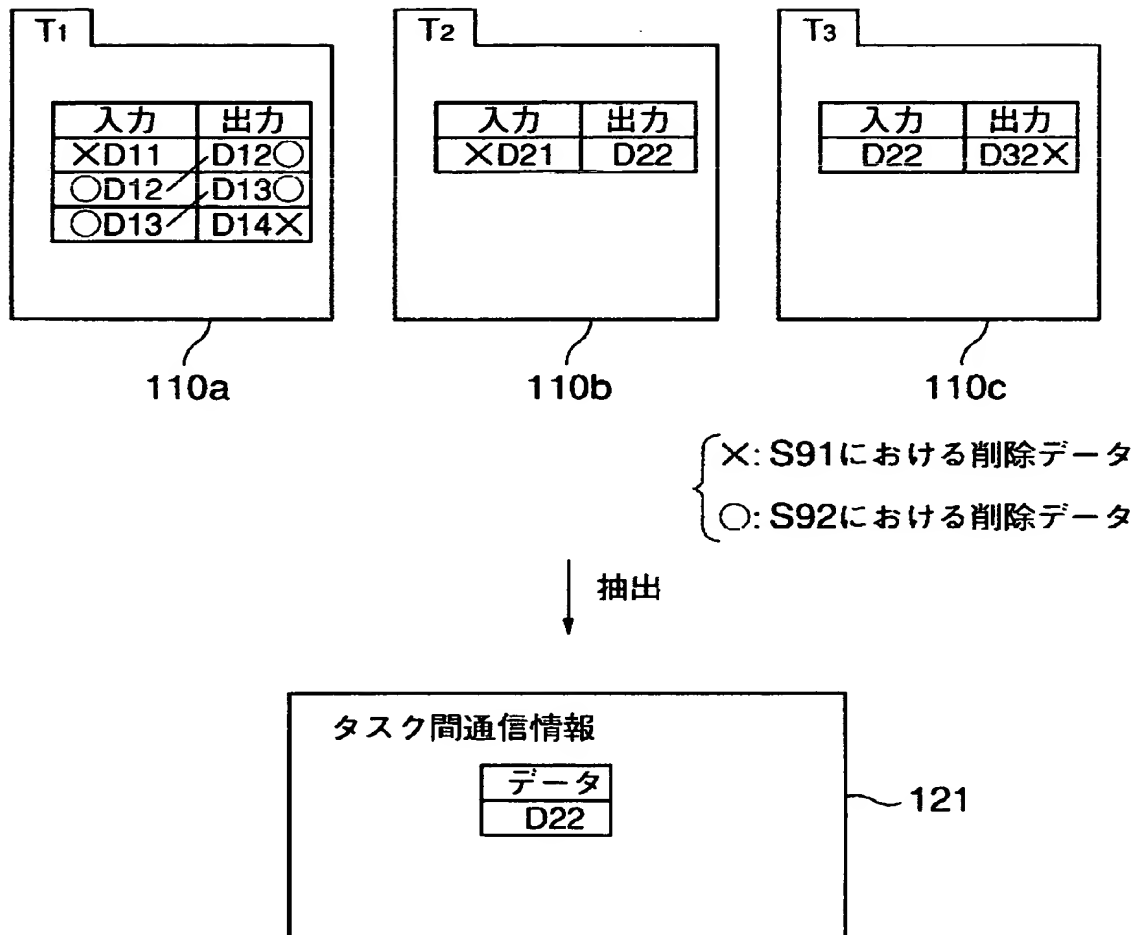
タスク間通信データ抽出フロー (S71)



【図 1 1】

図11

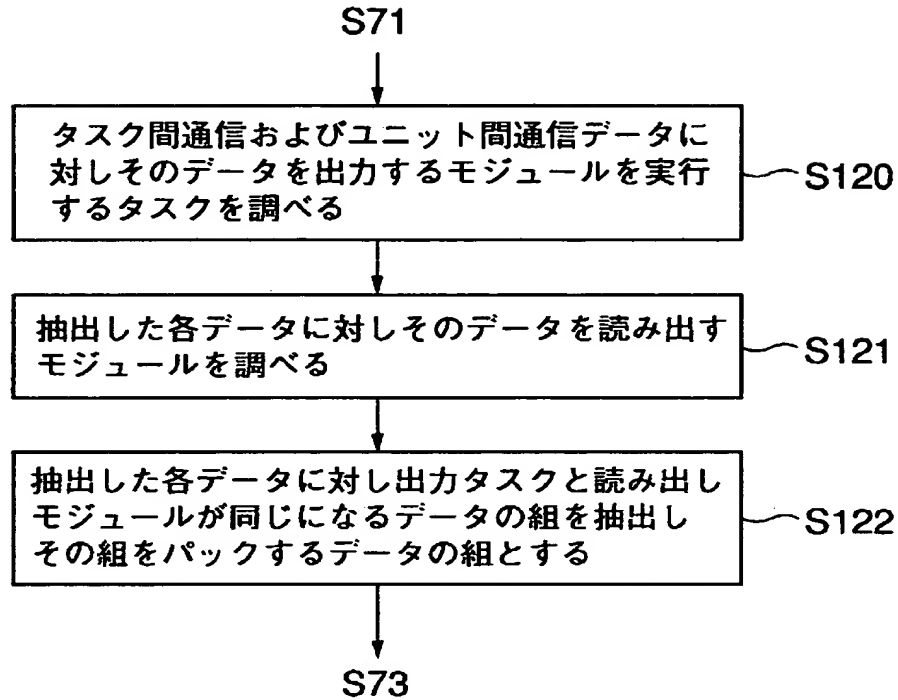
タスク間通信データ抽出



【図 1 2】

図12

パックするデータ抽出フロー (S72)



【図 1 3】

図13

パック抽出テーブル

データ	出力 タスク	読出M
D22	T ₂	M31, M22
D11	—	M11
D21	—	M21
D14	T ₁	—
D32	T ₃	—
D12	T ₁	M22
D13	T ₁	M22

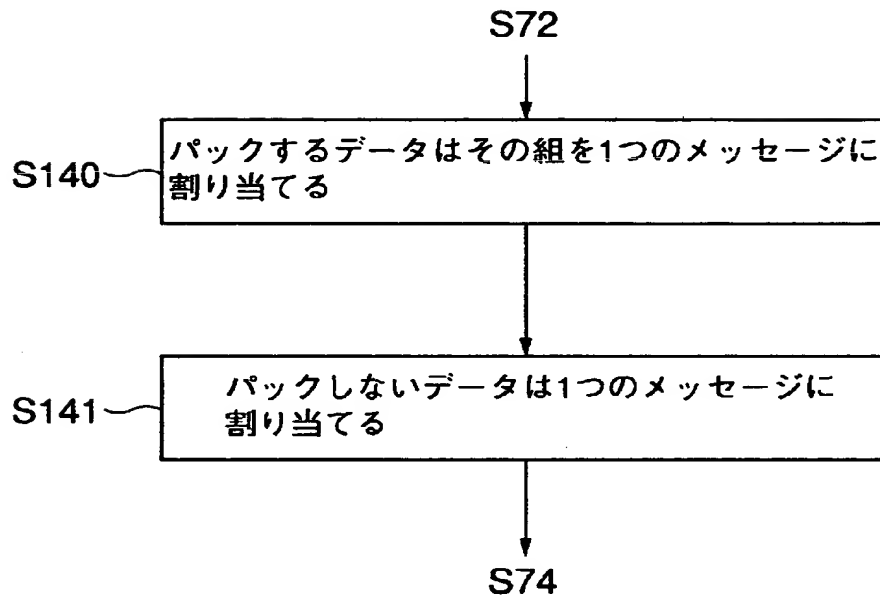
130

パック (D12, D13)

【図 1 4】

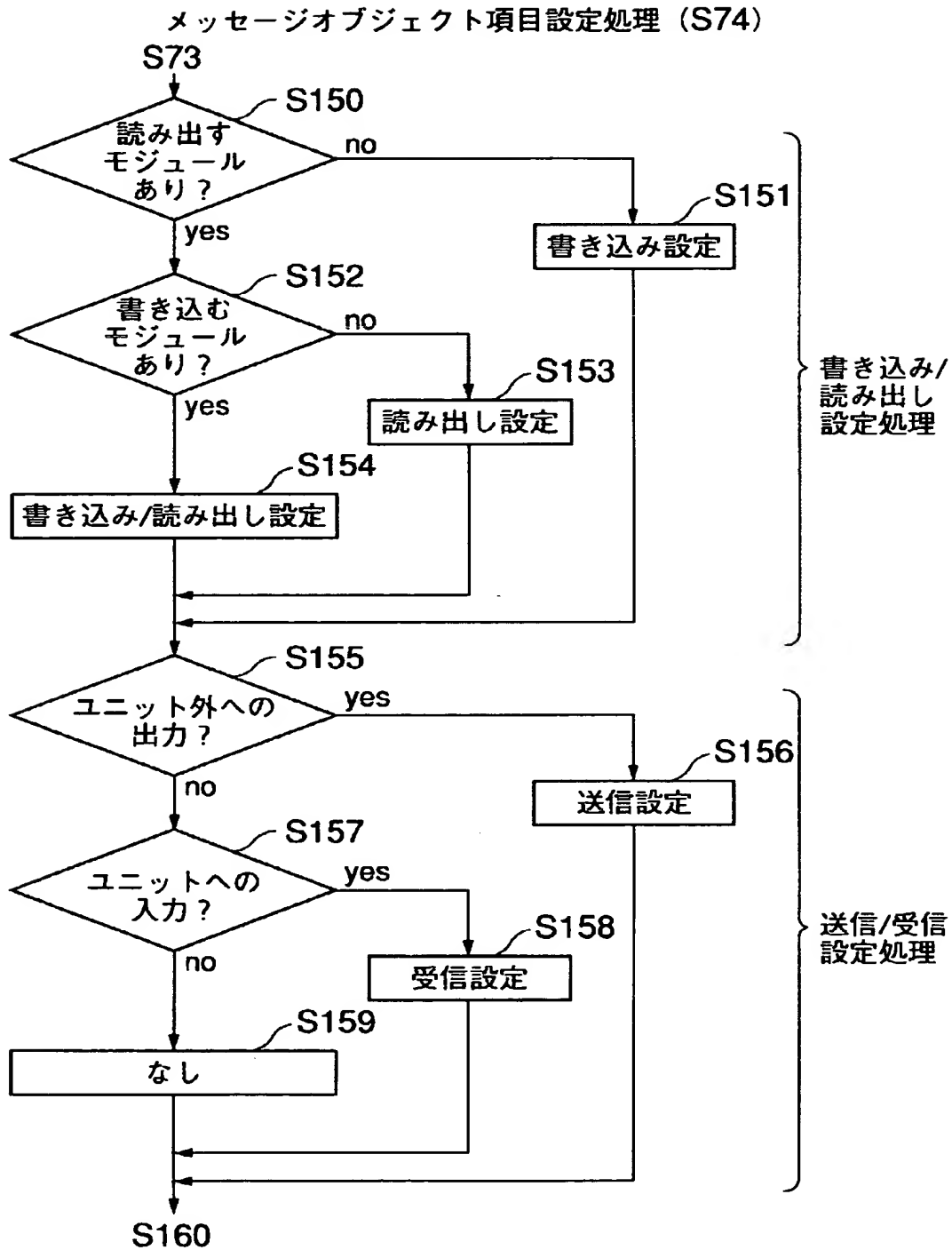
図14

メッセージオブジェクト生成フロー (S73)



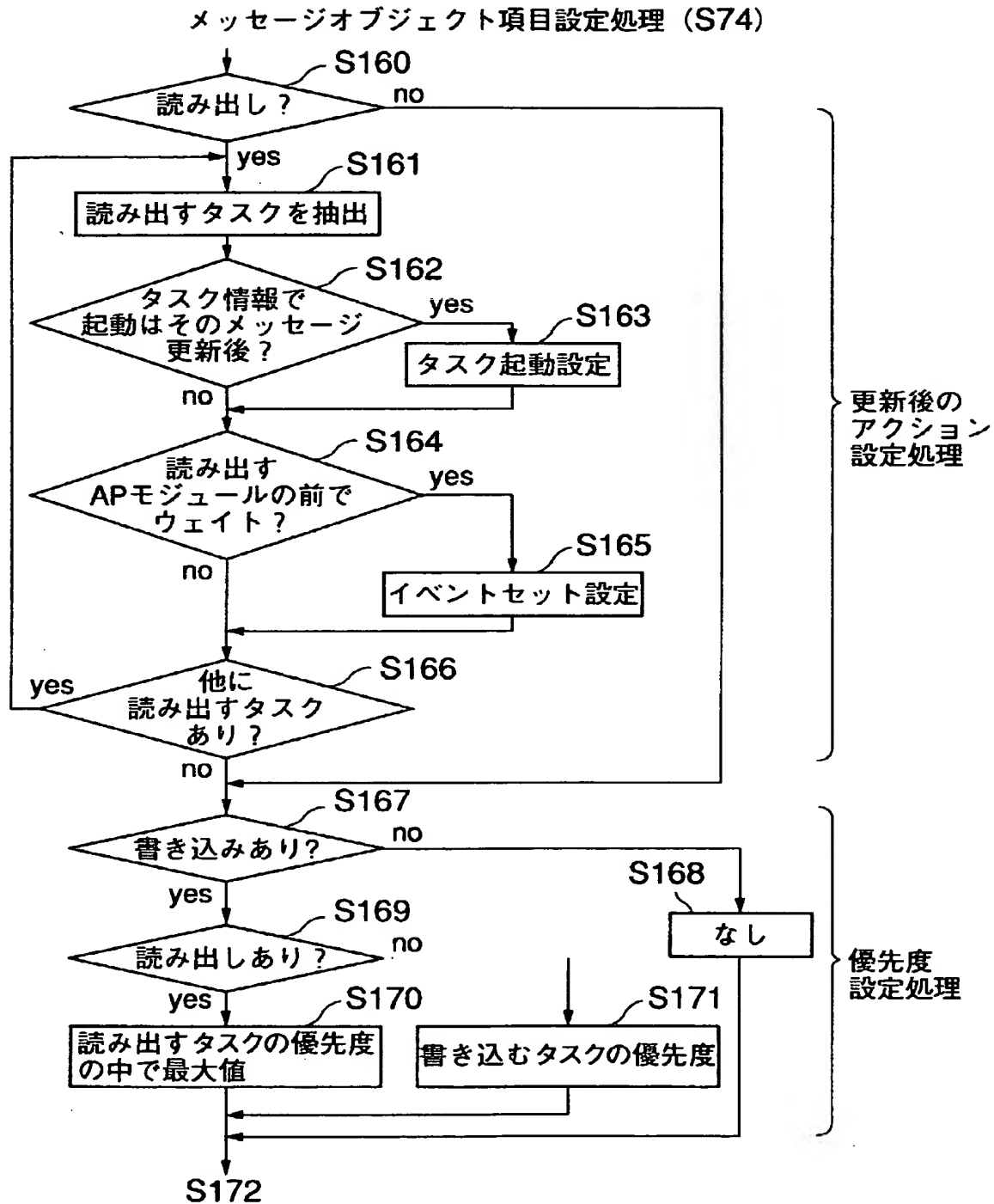
【図 1 5】

図15



【図 1 6】

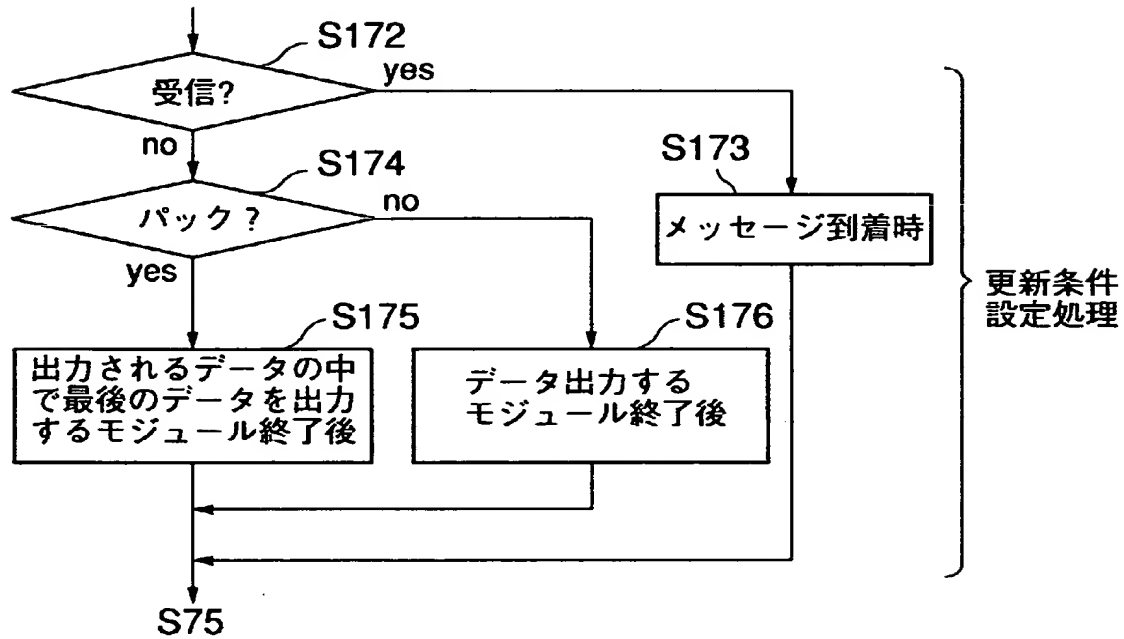
図16



【図 1 7】

図17

メッセージオブジェクト項目設定処理 (S74)



【図 1 8】

図18

ユニット1のメッセージオブジェクト情報テーブル						
データ	メッセージ オブジェクト	書き込み/ 読み出し	送信/ 受信	更新後の アクション	優先度	更新条件
D11	Msg11	読	受信	なし	なし	到着後
D12 D13	Msg12-13	書	送信	なし	2	M12後
D14	Msg14	書	送信	なし	1	M13後
D21	Msg21	読	受信	タスク2起動	なし	到着後
D22	Msg22	書/読	送信	タスク3起動	2	M21後
D32	Msg32	書	送信	なし	2	M31後

(a)

ユニット2のメッセージオブジェクト情報テーブル						
データ	メッセージ オブジェクト	書き込み/ 読み出し	送信/ 受信	更新後の アクション	優先度	更新条件
D22	Msg22	読	受信	タスク2起動	なし	到着後
D12 D13	Msg12-13	読	受信	なし	なし	到着後
D24	Msg24	書	送信	なし	2	M23後
D32	Msg32	読	受信	タスク3起動	なし	到着後
D33	Msg33	書	送信	なし	3	M32後

(b)

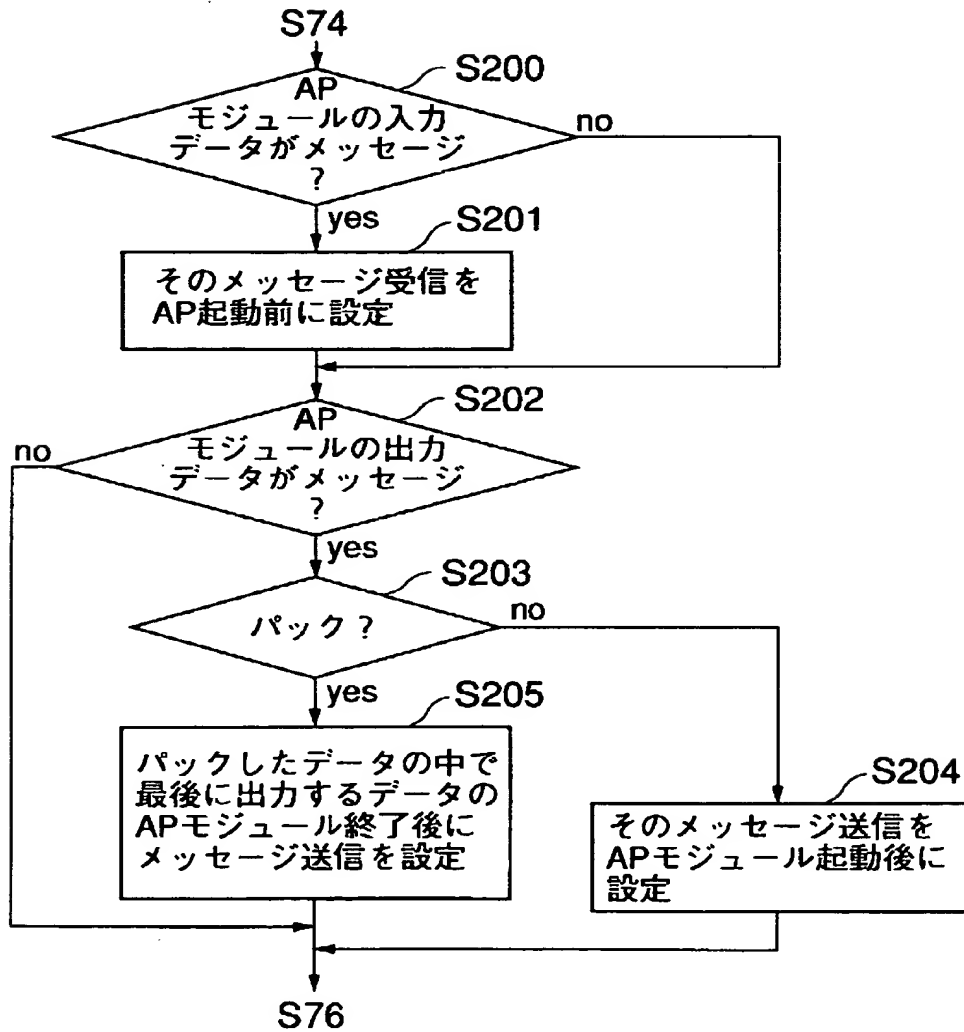
ユニット3のメッセージオブジェクト情報テーブル						
データ	メッセージ オブジェクト	書き込み/ 読み出し	送信/ 受信	更新後の アクション	優先度	更新条件
D33	Msg22	読	受信	タスク3起動	なし	到着後
D34	Msg24	書	送信	なし	2	M23後

(c)

【図 1 9】

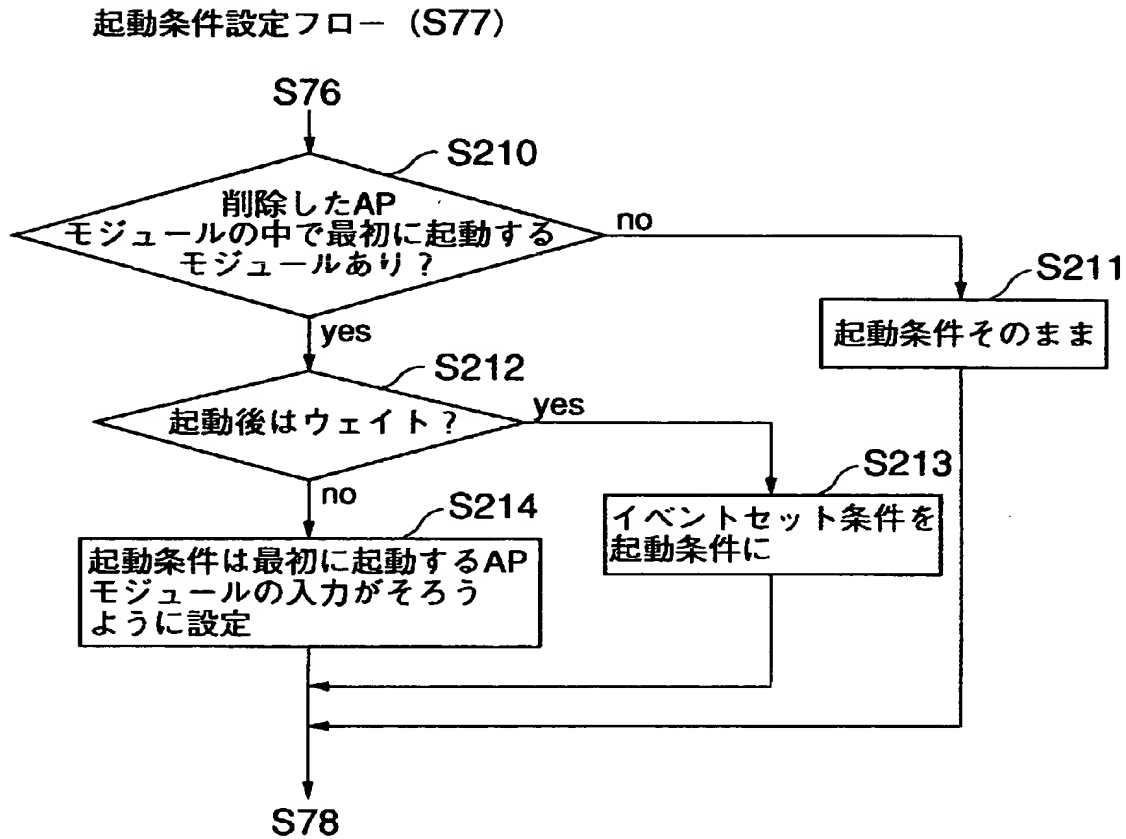
図19

メッセージオブジェクト送受信設定フロー (S75)



【図 2 0】

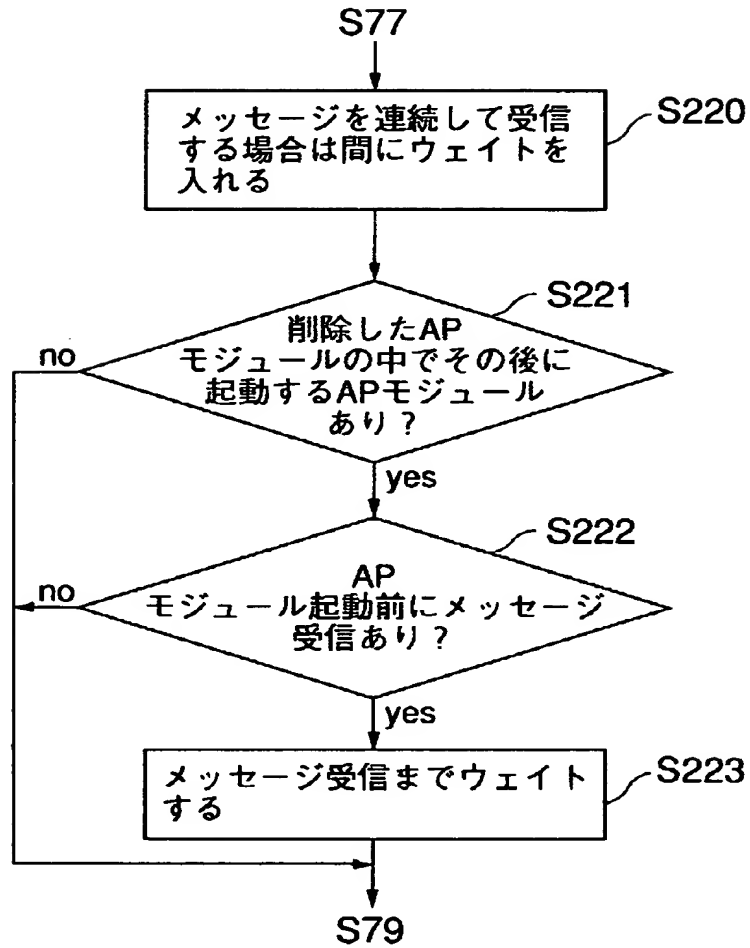
図20



【図 2 1】

図21

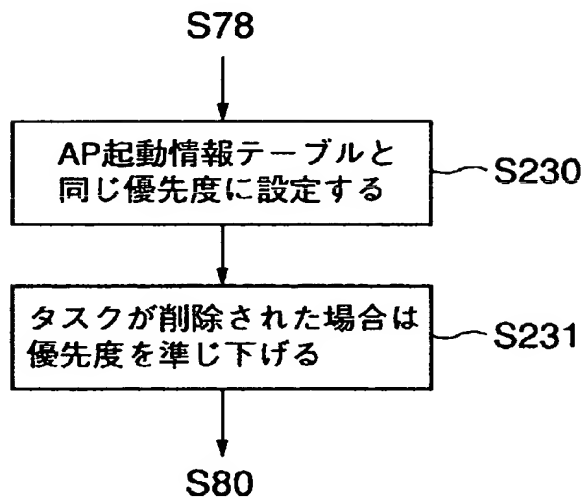
ウェイト設定フロー (S78)



【図 2 2】

図22

タスク優先度設定フロー (S79)



【図 2 3】

図23

ユニット1のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブル

T1

起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg11受信	1	10ms周期	なし
M11			
M12			
Meg12-13送信			
M13			
Meg14送信			

T2

起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg21受信	2	Meg21更新後	なし
M21			
Meg22送信			

T3

起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg22受信	3	Meg22更新後	なし
M31			
Meg32送信			

【図 2 4】

図24

ユニット2のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブル

(a)

T2			
起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg22受信	1	Meg22 更新後	1:M22終了して 10ms後
Meg12-13受信			
M22			
ウェイト1			
M23			
Meg24送信			

(b)

T3			
起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg32受信	2	Meg32 更新後	なし
M32			
Meg33送信			

【図 2 5】

図25

ユニット3のAPモジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブル

T3

起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg33 受信	1	Meg33 更新後	なし
M33			
Meg34送信			

【図 2 6】

図26

通信情報テーブル									
180a	180b	180c	180d	180e	180f	180g	180h	180	
データ	優先度	ダイレクト /周期(時間)	受信時の アクション	タイム アウト	NOMSG 許容回数	エラー時 起動 タスクID	Ack あり/なし		
D12	3	周期(10)	+タスク3 イベントセット	10	10	タスク10	あり		
D23	-	-	-タスク2 イベントセット	10	10	タスク10	-		

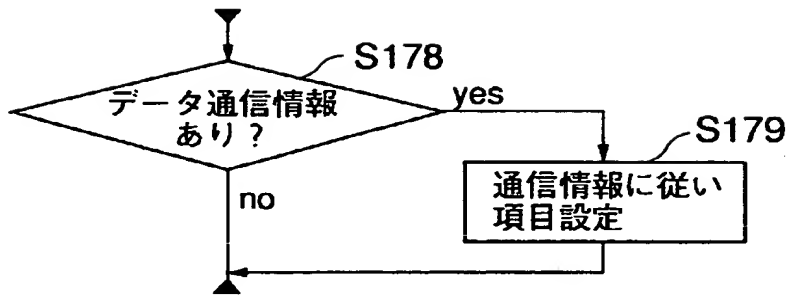
(a)

バック情報テーブル									
181a	181b	181c	181d	181e	181f	181g	181h	181i	181j
データ	優先度	ダイレクト /周期(時間)	受信時の アクション	タイム アウト	NOMSG 許容回数	エラー時 起動 タスクID	Ack あり/なし	送信 タイミ ング	単独 通信
D12,D3, D22	-	-	-	-	-	-	-	D12更新後	D22
すべて更新後 いつでも更新後									

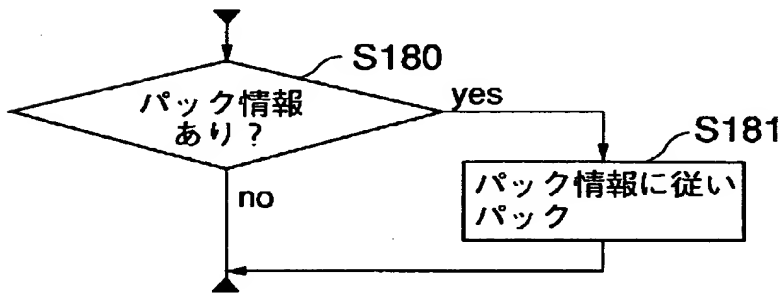
(b)

【図 2 7】

図27



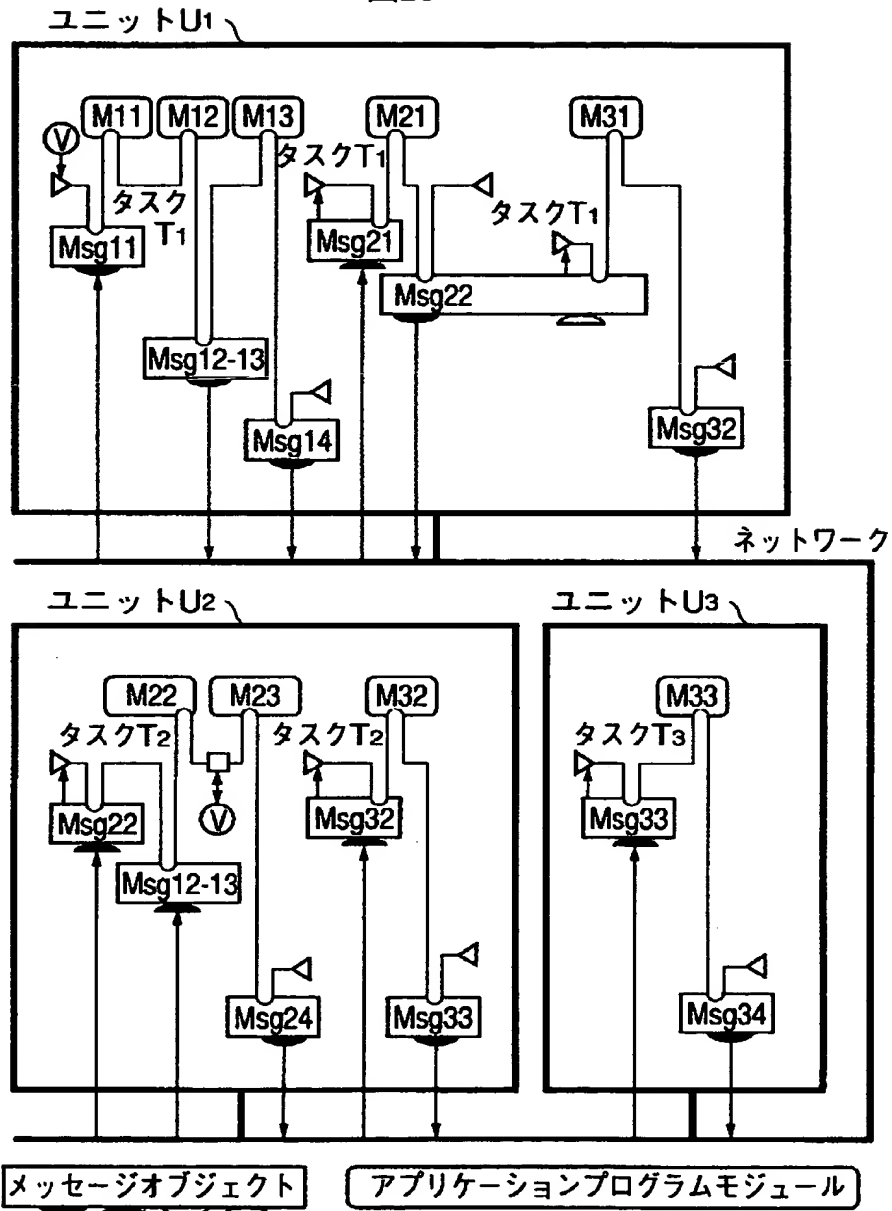
(a)



(b)

【図 2 8】

図28



- | | | | |
|---|---------------------|---|-------|
| ● | ユニット外から受信によりメッセージ更新 | ▷ | タスク起動 |
| ◐ | ユニット外へ送信 | ◁ | タスク終了 |
| ◑ | ユニット内タスクによりメッセージ更新 | □ | ウェイト |
| ◒ | ユニット内タスクにより読み込みあり | | |

【図 2 9】

図29

メッセージオブジェクト情報テーブル						
データ	メッセージ	書き込み/ 読み出し	送信/ 受信	更新後の アクション	優先度	更新条件
D12 D13	Msg12-13	書/読	なし	なし	2	M12後
D22	Msg22	書/読	なし	タスク3起動	3	M21後
D11	Msg11	読	受信	なし	なし	到着後
D21	Msg21	読	受信	タスク2起動	なし	到着後
D14	Msg14	書	送信	なし	1	M13後
D24	Msg24	書	送信	なし	2	M23後
D34	Msg34	書	送信	なし	3	M33後

【図 3 0】

図30

APモジュール/メッセージオブジェクト起動情報テーブル例

タスク1

起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg11受信	1	10ms周期	なし
M11			
M12			
Meg12-13送信			
M13			
Meg14送信			

タスク2

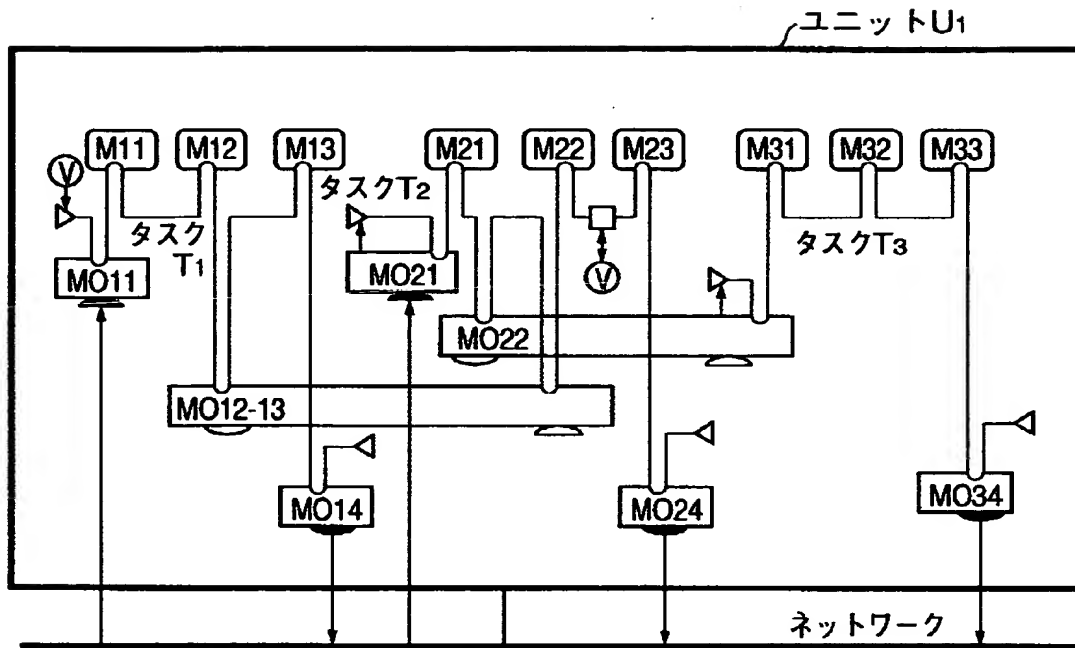
起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg21受信	2	Meg21 更新後	1:M22終了して 10ms後
M21			
Meg22送信			
Meg12-13受信			
M22			
ウェイト1			
M23			
Meg24送信			

タスク3

起動順番	優先度	起動条件	イベントセット条件
Meg22受信	3	Meg22 更新後	なし
M31			
M32			
M33			
Meg34送信			

【図 3 1】

図31



メッセージオブジェクト

アプリケーションプログラムモジュール

- ユニット外から受信によりメッセージ更新
- - ユニット外へ送信
- - ユニット内タスクによりメッセージ更新
- - ユニット内タスクにより読み込みあり
- ▷ タスク起動
- ◁ タスク終了
- ウェイト

【図 3 2】

図32

入出力データ システム情報テーブル	
入 力	出 力
D11	D14
D21	D24
D31	D34

26

【書類名】 要約書

【課題】 システム構成の変更に伴うソフトウェア変更量を抑制し、ソフトウェアの生産性向上を図る。

【解決手段】 各制御ユニット $1a, \dots, 1n$ のメモリには、メッセージ通信により協調動作するプログラムモジュール (APモジュール) M_1, \dots, M_n 、APモジュールにサービスを提供するミドルウェア 5、ミドルウェアのタスク制御等を行う OS 3、ネットワーク通信ドライバ 4 が格納されている。各ユニットのミドルウェアのサービスには、1. AP構成情報 7 内の起動順番情報等に従って APモジュール起動及び RT通信処理呼出を行うタスク T_1, \dots, T_n 、2. タスクの呼出に応じ、APモジュール間のメッセージ Msg_1, \dots, Msg_n の送受信を行う RT通信サービスがある。尚、AP構成情報及びメッセージは、情報処理装置 2 でユーザ定義情報に基づき生成され、各ユニットにオフライン転送される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所